

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

ГЛУЩЕНКО А.А., ХОХЛОВ А.Л., САЛАХУТДИНОВ И.Р.

**ТЕХНОЛОГИИ И  
СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ**

Ульяновск 2015

УДК 631.3

Г 55

ББК 40.7

Глущенко А.А. Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: учебное пособие для аспирантов инженерного факультета / Составители: А.А. Глущенко, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов.– Ульяновск: УГСХА имени П. А. Столыпина, 2015. – 146 с.

Рецензенты: Уханов Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технический университет»

Губейдуллин Харис Халиуллович, доктор технических наук, профессор, директор Технологического института -филиала ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина»

В первом разделе учебного пособия рассматриваются вопросы эксплуатации машинно-тракторного парка, связанные с изучением свойств агрегатов, кинематики, комплектования, производительности, затрат средств, выбора структуры и состава парка машин. Во втором разделе - классификация, назначение и применение топливо-смазочных материалов, используемых при эксплуатации и проведении регламентных работ тракторов, автомобилей и сельскохозяйственной техники.

Учебное пособие предназначено для подготовки аспирантов по направлению подготовки 35.06.04 и профилю подготовки 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве, а также может быть полезно для инженерно-технических работников, научных организаций и студентов инженерных специальностей.

Печатается по решению методической комиссии инженерного факультета ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»  
Протокол № 2 от 29.10.2014.

© Глущенко А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2015

© ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина», 2015

# 1 ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## Цель и задачи изучения дисциплины

**Целью** изучения дисциплины «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» - **являются** формирование системы научных, профессиональных знаний и навыков в области технического обслуживания подвижного состава автомобильного транспорта. При изучении дисциплины аспирант получает знания о современных технологических процессах технического обслуживания автомобилей, об особенностях проектирования и реализации технологических процессов технической эксплуатации на предприятиях автомобильного транспорта и сервиса, а также даст возможность применения полученных знаний для успешного выполнения диссертационного исследования.

**Основными задачами** учебной дисциплины «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» **являются** усвоения аспирантом комплекса знаний, в результате овладения которыми он должен:

**знать:** основные технологические процессы по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей; современное оборудование и средства, применяемые для технического обслуживания и ремонта автомобилей; характеристики и организационно-технологические особенности выполнения технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей; методы организации и типизации технологических процессов технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

**уметь:** проводить регламентные работы по диагностике, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, использовать современное оборудование и средства для технического обслуживания и ремонта автомобилей; учитывать организационно-технологические особенности выполнения технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

владеть: навыком управления производством технического обслуживания и ремонта.

### **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла Б 1, дисциплина по выбору Б 1.В.ОД.1 очной формы обучения, осваивается на 1,2 и 3 курсе обучения.

Для изучения курса «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» требуются знания по следующим дисциплинам: «Основы проектирования технологического оборудования», «Технологии технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей», «Техническая эксплуатация автомобилей».

Минимальные требования к «входным» знаниям, необходимым для успешного освоения данной дисциплины: удовлетворительное усвоение программ по указанным выше дисциплинам.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Изучение дисциплины «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» направлено на формирование у аспирантов *профессиональных компетенций*:

способностью к анализу и выбору современных технологических процессов и технических средств технического обслуживания, ремонта и диагностики автотракторной техники и используемых в ней эксплуатационных материалов) (ПК-1);

готовностью разрабатывать новые, осуществлять прогнозирование последствий и эффективности использования разработанных технологических процессов и технических средств технического обслуживания, ремонта и диагностики автотракторной техники и используемых в ней эксплуатационных материалов (ПК-2).

## 2 ГЛОССАРИЙ

**Автомобильный бензин** – бензин для применения в двигателях наземной техники.

**Авиационный бензин** – бензин для применения в авиационных двигателях.

**Авиационный керосин** – жидкое нефтяное топливо для применения в авиационных газотурбинных двигателях.

**Амортизаторная жидкость** – техническая жидкость для гашения механических колебаний путем поглощения кинетической энергии движущихся масс.

**Антиобледенительная жидкость** – техническая жидкость для предотвращения обледенения поверхности изделий.

**Антифрикционное свойство** – эксплуатационное свойство, характеризующее способность нефтепродукта снижать трение скольжения.

**Антифрикционная смазка** - пластичная смазка для уменьшения потерь на трение скольжения.

**Антифриз** – низкозастывающая техническая жидкость для поглощения и отвода тепла.

**Бензин** – жидкое нефтяное топливо, для использования в поршневых двигателях с искровым зажиганием.

**Воспламеняемость** – эксплуатационное свойство, характеризующее пожаро- и взрывоопасность смеси паров нефтепродукта с воздухом.

**Газотурбинное топливо** – жидкое нефтяное топливо для применения в наземных и судовых газотурбинных двигателях.

**Гидравлическая жидкость** - техническая жидкость для гидроприводов сервомеханизмов, гидropередач.

**Горючесть** – эксплуатационное свойство, характери-

зующее способность нефтепродукта к горению в условиях его применения и испытания.

**Группа нефтепродуктов** – совокупность нефтепродуктов, входящих в один тип и имеющих сходные свойства и область применения.

**Детонационная стойкость** – физико-химическое свойство, определяющее способность бензина сгорать без взрыва в двигателе с искровым зажиганием.

**Дизельное топливо** - жидкое нефтяное топливо для применения в двигателях с воспламенением топливовоздушной смеси от сжатия.

**Динамическая вязкость нефтепродукта** – мера внутреннего трения нефтепродукта, равная отношению тангенциального напряжения к градиенту скорости сдвига при ламинарном течении ньютоновской жидкости.

**Зольность нефтепродукта** – показатель, указывающий наличие у нефтепродукта несгораемых веществ.

**Изоляционное масло** – техническое масло для электроизоляции.

**Индекс вязкости** – безразмерная величина, характеризующая по стандартной шкале изменение вязкости масла в зависимости от температуры.

**Индукционный период нефтепродукта** – показатель, указывающий период времени, в течение которого нефтепродукт в условиях окисления сохраняет заданные свойства.

**Индустриальное масло** - нефтяное смазочное масло для станков и механизмов промышленного оборудования.

**Испаряемость** – эксплуатационное свойство, характеризующее способность нефтепродукта переходить из жидкого в газообразное состояние.

**Качество** - это потребительская (внешняя) характери-

стика продукта труда в данном процессе. То есть это тот продукт, который хочет получить человек.

**Кинематика агрегата** - это учение о законах циклично повторяющегося движения при производстве полевых работ.

**Кинематическая вязкость нефтепродукта** – отношение динамической вязкости к плотности нефтепродукта.

**Комплектование агрегата** - есть выбор структуры, состава и режима движения агрегата с целью получения высоких технических и экономических показателей в конкретных условиях его использования.

**Конструктивная совместимость** – эксплуатационное свойство, характеризующее воздействие нефтепродукта на конструкционные материалы.

**Марка нефтепродуктов** – индивидуальный нефтепродукт, название, номерное или буквенное обозначение, состав и свойства которого регламентированы нормативно-технической документацией.

**Машинный агрегат** - это комплекс вращательно и поступательно движущихся механизмов, образующих единое целое и имеющий источник энергии.

**Моторное масло** – нефтяное смазочное масло для поршневых двигателей внутреннего сгорания.

**Обозначение** - это выражение объекта в виде специальных знаков или формул.

**Определение**- это короткая формулировка содержания термина.

**Поворотливость** - особенность агрегата переходить с прямолинейного движения на кривую траекторию и обратно;

**Природные процессы** - это взаимодействие человека со

средствами труда с целью получения продукта труда живой природы.

**Приведённое время работы машины** - это время работы агрегата на различных режимах, приведенных к режиму номинальной загрузки двигателя.

**Производительность агрегата** - это количество выполненной им в единицу времени работы определенного качества.

**Производственные (технологические) процессы** - это взаимодействие обрабатываемого и обрабатывающего материала с целью получения продукта труда с заданным качеством.

**Прободимость** - способность агрегата преодолевать кратковременные нагрузки своим ходом.

**Познавательные процессы** - это взаимодействие обучаемого со средствами обучения с целью получения знаний.

**Процесс** - это взаимодействие предмета труда, средства труда и самого труда для получения продукта труда заданного качества.

**Рабочий (мощностной) баланс** - это есть распределение эффективной мощности двигателя по отдельным видам сопротивления агрегата.

**Свойство** - это энергетическая, физическая или химическая характеристика предмета труда (элемента процесса).

**Свойства предмета труда** - это твёрдость, трудоёмкость обслуживания и т.п.

**Транспортные процессы** это взаимодействие транспортирующего органа с условиями перемещения для перевозки продукта труда заданного качества.

**Температура застывания нефтепродукта** – температура, при которой нефтепродукт теряет подвижность в

условиях испытания.

**Температура вспышки нефтепродукта** – минимальная температура, при которой происходит кратковременное воспламенение паров нефтепродукта от пламени в условиях испытания.

**Температура самовоспламенения нефтепродукта** – температура возгорания паров нефтепродукта без контакта с пламенем в условиях испытания.

**Температура воспламенения нефтепродукта** – температура, при которой нефтепродукт, нагреваемый в условиях испытания, загорается и горит не менее 5 с.

**Температура каплепадения нефтепродукта** – температура падения первой капли пластичного нефтепродукта, нагреваемого в капсуле специального термометра.

**Термин** - это слово или словосочетание, призванное точно обозначать понятие о процессе и его элементах.

**Терминология** - следует понимать совокупность терминов или определённую область знаний о принципах построения терминов, их определений и обозначений.

**Трансмиссионное масло** - нефтяное смазочное масло для механических трансмиссий.

**Тяговый коэффициент полезного действия** - это есть энергетический КПД, показывающий, какой процент эффективной мощности используется для тяги.

**Управляемость** - способность агрегата выходить из одного установившегося движения в другое (заданное);

**Условный эталонный гектар** - объём тракторных работ, соответствующий вспашке 1 га в эталонных условиях: удельное сопротивление почвы  $0,50 \text{ кг/см}^2$ ; глуб. вспашки 20-22 см; агрофон - стерня зерновых колосовых на средних суглинках с влажностью 20 – 22 %; участок со

склоном до  $1^\circ$ , прямоугольной конфигурации, дл. 800 м, без каменистости и препятствий, выс. над ур. м. до 800 м.

**Устойчивость** - способность агрегата сохранять установившееся направление движения;

**Эксплуатационное свойство нефтепродукта** – свойство нефтепродукта, проявляющееся при производстве, транспортировании, хранении, испытании, применении и характеризующее совокупность однородных явлений при этих процессах.

**Эксплуатационное свойство топлива** – объективная особенность топлива, которая может проявляться в процессе производства, транспортирования, хранения, испытания и применения его в технике.

**Эргономические показатели** - это показатели, характеризующие систему человек - машина - среда и учитывающих комплекс гигиенических, антропологических, физиологических и психофизических свойств человека, проявляющихся в производственных условиях.

**Эталонный трактор** – это трактор, который за 1 час сменного времени выполняет 1 га эталонной пахоты. К таким тракторам относятся ДТ-75, ТЭ-100

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО  
ПАРКА**

**I ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС**

# 1 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

## 1.1 Условия работы машин в сельском хозяйстве

Сельскохозяйственное производство значительно отличается от промышленного тем, что вся техника работает в сложных условиях. Эти условия постоянно изменяются в очень широком диапазоне.

### **Условия работы:**

- машинные агрегаты подвержены повышенной степени износа узлов и систем в зависимости от состояния окружающей среды;

- сельскохозяйственное производство распределено на больших земельных площадях и требует перемещения машин вдоль обрабатываемого материала,

- выполнение сельскохозяйственных процессов не может быть во времени произвольным, они должны выполняться в определенные сроки, связанные с фазами развития и биологическими особенностями возделываемых культур;

- обрабатываемые материалы подвержены непрерывным изменениям под влиянием протекающих биологических процессов вследствие изменения почвенных, химических и других агрессивных условий.

Сельскохозяйственная техника используется в различных зонах страны, где температура окружающей среды изменяется от +40 °С до - 40 °С на различных высотах над уровнем моря и др. Поэтому к конструкциям машин сельскохозяйственного назначения предъявляются довольно высокие требования., обоснованные научными методами их эксплуатации.

## 1.2 Общие положения о процессе

Все процессы состоят из трёх существенно различных частей: предмета труда, средства труда и продукта труда (рис 1,1).

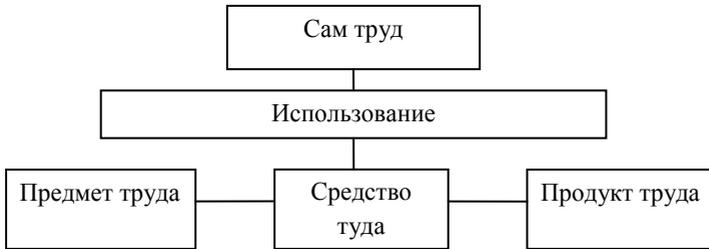


Рис.1.1 Схема процесса

В сельскохозяйственном производстве с точки зрения обработки почвы и других обрабатываемых материалов процесс можно представить (рис.1.2).



Рис. 1.2 Схема процесса

**Процесс** - это взаимодействие предмета труда, средства труда и самого труда для получения продукта труда заданного качества.

Процесс состоит из элементов. Каждый элемент про-

цесса обладает одинаковыми, присущими всем процессам, характеристиками: а) свойством; б) качеством; в) уровнем использования; г) уровнем обслуживания; д) уровнем управления; е) экономичностью.

Элементы процесса могут меняться местами. Один и тот же предмет труда может быть средством труда и продуктом труда.

**Свойство** - это энергетическая, физическая или химическая характеристика предмета труда (элемента процесса).

**Качество** - это потребительская (внешняя) характеристика продукта труда в данном процессе.

Уровнем использования обладают средства труда. Им оценивается эффективность машин во всех производственных процессах.

Сам труд характеризуется взаимодействием человека с элементами процесса и определяется условиями труда.

Условия труда - это режимы, создаваемые между средством труда и обрабатываемым материалом во взаимодействии с внешней средой.

### 1.3 Классификация процессов

На рис. 1.3 приведены основные виды процессов в производстве и природе.

**Производственные (технологические) процессы** - это взаимодействие обрабатываемого и обрабатывающего материала с целью получения продукта труда с заданным качеством.

**Транспортные процессы** это взаимодействие транспортирующего органа с условиями перемещения для перевозки продукта труда заданного качества.

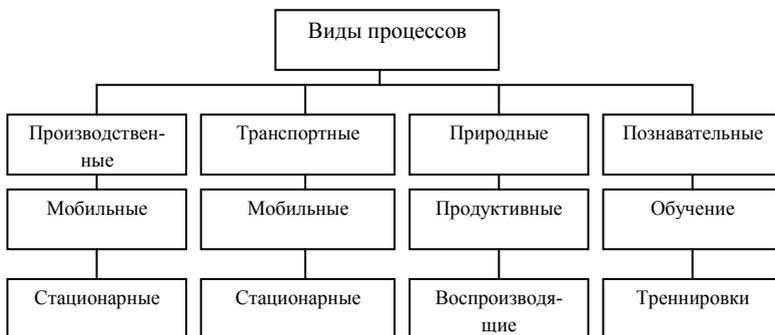


Рис.1.3. Виды процессов

**Природные процессы** - это взаимодействие человека со средствами труда с целью получения продукта труда живой природы.

**Познавательные процессы** - это взаимодействие обучаемого со средствами обучения с целью получения знаний.

Как производственные, так и транспортные процессы могут быть мобильными и стационарными. В мобильных процессах перемещается само средство труда, а обрабатываемый материал по отношению к нему неподвижен.

В стационарных процессах средство труда неподвижно, а обрабатываемый материал по отношению к нему перемещается.

В зависимости от затрачиваемой энергии и технического уровня применяемых средств, различают процессы: немеханизированные, выполняемые вручную; механизированные с использованием механических двигателей; электрифицированные с применением электродвигателей; автоматизированные с использованием специальных автоматических устройств.

## 1.4 Показатели для оценки процессов

В настоящее время существует большое количество показателей для оценки процессов. С помощью них оцениваются: свойства элементов процесса, состояние и эксплуатация процесса. В основе всех расчётных показателей находятся простые показатели, через различные комбинации которых определяются практически все эксплуатационные показатели, из которых выделяется группа энергетических показателей.

Энергетические показатели. Основными исходными показателями являются :

P- сила, кН;

S- пройденный путь, м.

n- количество;

T- время; ч

Сила P, если она приложена на крюке ( $P_{кр}$ ), чаще всего приравнивается к сопротивлению рабочих органов  $R_a$  агрегата. Сила сопротивления при работе агрегата непрерывно меняется с отклонениями от среднего значения (рис.1.4).

Это объясняется тем, что структура почвы неодинакова, она постоянно меняется. На силу P оказывает влияние рельеф, состояние рабочих органов.

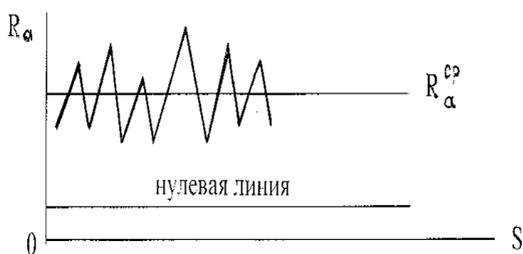


Рис. 1.4 Изменение силы сопротивления

В конкретных условиях P будет известна. И тогда,

зная её, можно определить многие показатели. Например, величина механической работы равна

$$A = P \cdot S, \text{ Нм} \quad (1.1)$$

$$A = N \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Отсюда мощность можно определить из выражения

$$N = A/T, \text{ кВт} . \quad (1.2)$$

Величина напряжения смятия или разрыва

$$\sigma = P/F, \text{ кН/м}^2 \quad (1.3)$$

где  $F$  - площадь,  $\text{м}^2$ ,

Наиболее обобщённым энергетическим показателем при оценке работы агрегата является удельное сопротивление. Для пахотных агрегатов оно определяется из выражения

$$K_0 = \frac{R_{пл.}}{a \cdot b}, \text{ кН/м}^2 \quad (1.4)$$

где  $R_{пл.}$  - сопротивление плуга, кН;  $a \cdot b$  - поперечное сечение пласта,  $\text{м}^2$ ,

Для всех остальных рабочих машин удельное сопротивление берётся на один погонный метр ширины захвата агрегата из формулы

$$K_m = R_m/v_m, \quad (1.5)$$

где  $v_m$  - ширина захвата, м.погонный ,

Одним из энергетических показателей является расход топлива

$$G = Q/W, \quad (1.6)$$

где  $Q$ - общий расход топлива, учитывающий все режимы работы двигателя, кГ;  $W$ - производительность, га.

При выполнении сельскохозяйственных операций и всевозможных процессов эффективность использования машин определяется с помощью показателей: а) линейных; б) плоскостных; д) объёмных. Уровень использования энергетики

труда определяется с помощью коэффициента использования энергетических возможностей машин.

Коэффициент использования возможностей машин

$$\eta_{ис} = \frac{Q_{\phi}}{Q_{max}}, \quad (1.7)$$

где  $Q_{max}$ - максимальный расход топлива, в килограммах, который определяется из выражения

$$Q_{max} = G_n^{max} \cdot t_p \cdot n \cdot D_p \quad (1.8)$$

где  $G_T^{max}$  - максимальный часовой расход топлива двигателем, кг /ч;  $t_p$  - время одной смены, ч;  $n$  - количество смен;  $D_p$  - количество рабочих дней.

Для оценки процессов профессор И.П. Полканов разработал теорию приведенных показателей, где в основе получения показателей было сформулировано условие приведения: приведенный показатель прямо пропорционален физическому показателю и обратно пропорционален удельному, имеющему размерность приведенного показателя.

В общем виде закон приведения записывается

$$\Pi = \Phi / Y, \quad (1.9)$$

где  $\Pi$  - приведенный показатель;  $\Phi$  - физический показатель;  $Y$ - удельный показатель .

При определении приведенного показателя очень важно правильно выбрать удельный показатель. Например, приведенное время работы машин следует определять через удельный показатель расхода топлива  $G_T$  . В качестве эталонной величины всегда нужно принимать максимальную величину, т.е. такой идеальный уровень, к которому мы должны стремиться в своей практической деятельности. Тогда приведенное время работы можно определить из выражения

$$t_{np} = \frac{Q_{об}}{G_m^{max}}, ПЧ \quad (1.10)$$

где  $Q_{об}$  - общий расход топлива двигателем, кг;  $G_m^{max}$  - максимальный часовой расход топлива при полной загрузке двигателя, кг/ч .

**Приведённое время работы машины** - это время работы агрегата на различных режимах, приведенных к режиму номинальной загрузки двигателя.

Оценка экономичности процесса осуществляется через удельные нормативные и фактические денежные средства, затрачиваемые на обслуживание и ремонт машины. Зная стоимость технического обслуживания  $S_{mo}$  и стоимость ремонта машины  $S_{mp}$ , можно определить нормативные и фактические удельные затраты средств по формуле

$$C_{н(ф)} = \frac{S_{mo} + S_{mp}}{F}, \text{ руб/ус.эт.га} \quad (1.11)$$

где  $F$  – обработанная площадь, ус.эт.га.

**Зная** удельные затраты, определяется показатель экономичности процесса, который называется коэффициентом совершенства обслуживания машины

$$\eta_{co} = \frac{C_n}{C_\phi}, \quad (1.12)$$

где  $C_n$  и  $C_\phi$ - соответственно нормативные и фактические удельные затраты средств в рублях.

Для оценки всего парка машин

$$\eta'_{co} = \frac{C'_n}{C'_\phi}, \quad (1.13)$$

где  $C_n$  и  $C_\phi$  - затраты средств парка машин, руб.

Общие принципы построения оценочных показателей.

И.П. Полканов разработал общие принципы построения оценочных показателей, основываясь на том, что оценка любого

процесса должна проводиться в сравнении с нормативом (эталонном). В качестве эталона при оценке необходимо применять такой уровень процесса, который необходимо достичь в будущем и стремиться к нему.

$$\eta_1 = \frac{P_{\phi 1}}{P_{\varepsilon 1}} \text{ и } \eta_2 = \frac{P_{\phi 2}}{P_{\varepsilon 1}} \quad (1.14)$$

где  $P_{\phi}$  и  $P_{\varepsilon}$ - фактическое и эталонное значение показателя. Эти уравнения рассчитываются исходя из характера протекания процесса (рис. 1.4).

Наилучшее функционирование процесса считается тогда, когда коэффициент качества равен единице (1,0).

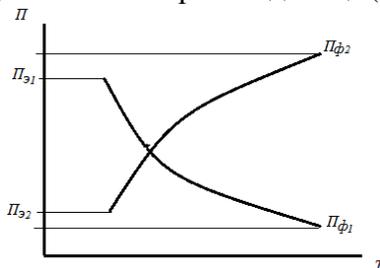


Рис. 1.4 Характер изменения процессов

Рассмотренный принцип построения системы оценки процессов обеспечит сопоставимость оценки работы сельскохозяйственных предприятий.

## 2 МАШИННЫЙ АГРЕГАТ

### 2.1 Понятие машинного агрегата

Машинный агрегат - это комплекс вращательно и поступательно движущихся механизмов, образующих единое целое и имеющий источник энергии. Машинно-тракторный агрегат состоит из трёх основных элементов:

машины-двигателя; передаточного механизма; рабочих органов (рис. 2.1).

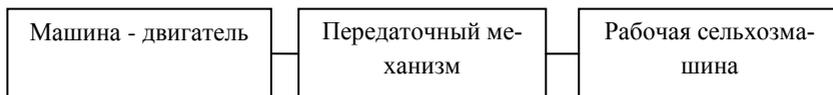


Рис. 2.1. Структурная схема агрегата

Машинные агрегаты обладают определенными свойствами. Под понятием свойств принимаются энергетические характеристики при определенных воздействиях на агрегат. Это реакция объекта сопротивляться воздействию.

## 2.2 Классификация агрегатов

При выполнении технологических процессов агрегаты классифицируются исходя из того, какую работу они выполняют. Поэтому агрегаты бывают пахотные, посевные, уборочные и т.п.

Поскольку существует несколько способов передачи энергии, агрегаты классифицируются по виду передаваемой энергии:

- а) агрегаты с последовательной передачей энергии (тягловые);
- б) агрегаты с параллельной передачей энергии;
- в) агрегаты со смешанной передачей энергии;
- г) комбинированные тягово-приводные агрегаты (комбайны).

По способу соединения сельскохозяйственных машин к машине-двигателю: прицепные; полунавесные; навесные; самоходные.

Если агрегат выполняет одну операцию, то он называется простым агрегатом. Если агрегат выполняет две опе-

рации, то он называется комплексным агрегатом. В этом случае одна операция должна улучшать другую. Например, в пахотном агрегате можно присоединять зубовые бороны.

Если агрегат выполняет одновременно три разноименных операции (к примеру: культивация - посев - прикатывание), то такой агрегат называется комбинированным,

Оценивают агрегат коэффициентом полезного действия (КПД):

$$\eta_a = \frac{A_n}{A_3}, \quad (2.1)$$

где  $A_n$  - полезная работа, идущая на непосредственное, целевое назначение (пахота, энергия на деформирование и подрезание почвы; отбрасывание пласта в сторону);  $A_3$  - общая затраченная работа с учетом переездов, поворотов и внутреннего трения.

При определении КПД для тягового агрегата

$$\eta_a = \eta_m \cdot \eta_n \quad (2.2)$$

где  $\eta_m$  - КПД трактора;  $\eta_n$  - КПД рабочей сельхозмашины.

Для определения КПД сельскохозяйственных машин, например плуга, используют формулу В. П. Горячкина.

$$R_{nl} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.3)$$

где  $R_1$  - сопротивление, характеризующее непроизводительные затраты тягового агрегата, идущее на преодоление сопротивления перекатыванию, кН.

$$R_1 = G_{nl} \cdot f \quad (2.4)$$

где  $G_{nl}$  - масса плуга, кН (кг);  $f$  - коэффициент сопротивления перекатыванию плуга;  $R_2$  - основная составляющая, идущая на преодоление деформации и подрезание пласта, кН

$$R_2 = K_n \cdot a \cdot b, \quad (2.5)$$

где  $K_n$  - удельное сопротивление, учитывающее деформацию почвы (н/мм<sup>2</sup>; кг/см);  $K=0,8 K_0$ ;  $a \cdot b$  - сечение пласта, м;

$R_3 = E \cdot a \cdot b \cdot v^2$  - сопротивление, зависящее от скорости

движения, кН;  $\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий энергию на оборот пласта и сообщение ему кинетической энергии;  $v$  - скорость движения плуга, км/ч.

Поскольку при расчетах величина сопротивления  $R_1$ , небольшая, ее при расчетах не учитывают. Тогда КПД плуга будет равен

$$\eta_{пл} = \frac{R_2 + R_3}{R_{пл}},$$

Такую методику можно применять и при определении КПД культиватора, сеялок и других машин.

### 3 ДИНАМИКА АГРЕГАТА

#### 3.1 Уравнение движения агрегата

Машинно-тракторный агрегат в динамическом отношении представляет собой систему механизмов, соединённых жёсткими и упругими связями. Машинно-тракторный агрегат - это сложный механизм, имеющий поступательно движущиеся массы, а также тела, имеющие вращательное движение (колёса, шестерни, валы и другие механизмы).

Если агрегат рассматривать как систему твердых тел, то на него будет действовать система сил, часть которых толкает и двигает агрегат вперед, а часть сил препятствует и тормозит его движению.

На тракторный агрегат действуют следующие силы:

**1. Касательная сила ( $R_k$ )** - активная сила, приложенная в точке касания колеса с почвой, формирующая движущую силу, исходя из условий перемещения агрегата.

**2. Движущая сила ( $R_d$ )** (толкающая), создаваемая двигателем, которая через систему механизмов формируется на ко-

лесе и передает движение трактору.

### 3. Силы сопротивления $R_c$ : (рис. 3.1)

$R_{кр}$  - крюковое усилие (тяговое сопротивление машин – орудий,  $R_{кр}-R_a$  ).

$R_f$  - сила сопротивления перекатыванию, кН

$R_{\sim}$  - сила сопротивления подъему, кН

$R_h$  - инерционные силы, кН

$R_w$  - сила сопротивления окружающей среды, кН

$C_{тр}$  - масса трактора, приложенная в центре тяжести, кН

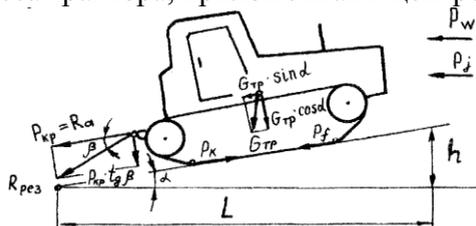


Рис. 3.1 • Силы, действующие на трактор на подъеме

Соотношение между силами, действующими на агрегат и скоростью его движения может быть выражено уравнением, которое называется уравнение движения агрегата. Оно составляется на основе закона о кинетической энергии, по которому приращение кинетической энергии равно работе действующих в точках системы сил.

Работа сил  $dA$ , действующих на агрегат на элементарном участке пути  $dS$ , составляет:

$$dA = (P_D - P_c) \cdot dS. \quad (3.1)$$

С другой стороны, применяя закон сохранения энергии, полная кинетическая энергия агрегата равна

$$E = \frac{m \cdot g^2}{2} \quad (3.2)$$

или

$$E = \frac{g^2}{2} \cdot (M_1 + M_2) \quad (3.3)$$

где  $V$ -скорость движения агрегата, км/ч;  $M_1$  - приведённая масса поступательно и вращательно движущихся масс трактора;  $\text{кН} \cdot \text{с}^2$ ;  $M_2$  - приведенная масса агрегируемой машины,  $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ .

Изменение кинетической энергии  $dE$  на элементарном участке равно:

$$dE = v \cdot dv \cdot (M_1 + M_2). \quad (3.4)$$

Зная, что на элементарном участке пути  $dS$  величину приращений кинетической энергии и работы составит  $dA$ , то можно записать равенство

$$dE = dA \quad (3.5)$$

Тогда

$$\mathcal{G} \cdot d\mathcal{G} \cdot (M_1 + M_2) = (P_o - \Sigma P_c) \cdot dS \quad (3.6)$$

Подставив в это равенство значение скорости

$$\mathcal{G} = \frac{dS}{dT}, \quad (3.7)$$

получим уравнение движения агрегата

$$\frac{d\mathcal{G}}{dT} = (M_1 + M_2) = P_o - \Sigma P_c. \quad (3.8)$$

Это уравнение необходимо для того, чтобы вывести уравнение тягового баланса агрегата.

Для этого рассматриваются два случая.

1-й случай - движение агрегата с постоянной скоростью, т.е. установившийся режим работы, когда

$$\mathcal{G} = \text{const} \quad \text{и} \quad \frac{d\mathcal{G}}{dT} = 0$$

Это условие справедливо для прямолинейного и равномерного движения агрегата.

Уравнение (3.8) в этом случае будет иметь вид

$$P_o - \Sigma P_c = 0 \quad (3.9)$$

Это есть первоначальное уравнение тягового баланса

машинно-тракторного агрегата при равномерном движении.

2-й случай - движение неравномерное, когда

$$\vartheta \neq const \text{ и } \frac{d\vartheta}{dT} \neq 0, \text{ тогда } \frac{d\vartheta}{dT} = \pm j \quad (3.10)$$

где  $j$  - ускорение или замедление поступательного движения агрегата. В результате чего получается равенство

$$P_{\delta} - \Sigma P_c = \pm j \cdot (M_1 + M_2). \quad (3.11)$$

### 3.2 Движущая сила агрегата

Движущая сила возникает в результате действия крутящего момента от работы двигателя трактора при взаимодействии ведущих колёс или гусениц с почвой (рис.3.2).

На валу ведущих колёс образуется крутящий момент

$$M_k = P_k \cdot r_k, \quad (3.12)$$

где  $r_k$  - радиус качения колеса, м.

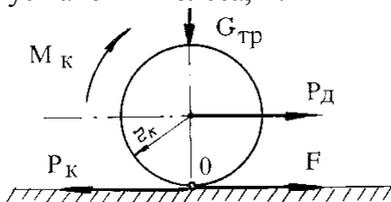


Рис. 3.2. Схема образования движущей силы

От действия крутящего момента ( $M_k$ ) на ободе колеса в точке его касания (т.0) с поверхностью почвы, образуется касательная сила ( $P_k$ ). Она вызывает уравновешивающую её и противоположно направленную реакцию  $F$ . Сила  $F$  перемещаясь в центр ведущего колеса, образует силу  $P_Д$ . В результате этого крутящий момент  $M_k$  можно представить в виде пары сил с центром вращения в точке касания (т.0) и плечом  $r_k$ . От действия силы  $P_Д$ , направленной в сторону хо-

да, колесо начинает перемещаться, вызывая движение трактора. Сила  $P_D$  и есть движущая сила, толкающая трактор вперед.

**Движущая сила** - это внешняя сила, создаваемая двигателем и приложенная к остову, направлена в сторону движения трактора и определяемая условиями сцепления ходового аппарата с почвой.

В зависимости от численного значения  $P_K$  и  $F$  движущая сила может принимать различные значения, но не может превышать максимальную  $F_{max}$  сцепления ходового аппарата с почвой

$$F_{max} = G_{mp} \cdot \mu,$$

где  $\mu = 0.4 \dots 1.0$  - коэффициент сцепления.

1-й случай. Если  $P_K > F_{max}$ . Движущая сила  $P_D$  будет равняться  $F_{max}$  и не превышать ее. Касательная сила тяги  $P_K$  может быть реализована только на величину силы  $F_{max}$ .

2-й случай. Если  $P_K \leq F_{max}$ , Движущая сила  $P_D$  может равняться  $P_D = P_K$ , но не превышать ее. Тогда имеется возможность полностью загрузить двигатель.

Величину касательной силы тяги  $P_K$  можно определить

$$P_K = \frac{M_\kappa}{r_\kappa} \quad \text{или} \quad P_K = \frac{M_\delta \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_\kappa}, \quad (3.13)$$

где  $M_\delta$  – крутящий момент двигателя; Н·м;  $i_{mp}$ - передаточное отношение трансмиссии;  $\eta_{mp}$ - КПД трансмиссии;  $r_\kappa$ - радиус качения, м.

### 3.3 Сопротивление агрегата

Сопротивление агрегата в общем случае складывается из следующих основных сопротивлений: сопротивления трактора  $R_{mp}$ , сопротивления сцепки  $R_{сц}$  и сопротивления

деформации почвы  $R_{\partial}$ . Баланс сопротивления агрегата имеет вид

$$R_a = R_{mp} + R_{cy} + R_{\partial} \pm R_{\alpha}, \quad (3.14)$$

где  $R_{\alpha}$ - сопротивление агрегата в случае, когда агрегат перемещается на подъеме или спуске:

$$R_{\alpha} = G_a \cdot \sin \alpha \approx G_a \cdot i \quad (3.15)$$

где  $G_a$  – масса агрегата, кг;  $\alpha$  - уклон, град;  $i$ - уклон, %,

При малых углах  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{i}{100}$

Имеется такое понятие как удельное тяговое сопротивление  $K_M$  машины. Для большинства сельскохозяйственных машин  $K_M$  определяют в кН/м, а для плугов - в кН/м и обозначают  $K_{пл}$ .  $K_M$  машины

$$K_M = K_o \cdot [1 + (\mathcal{G}_p - \mathcal{G}_o)] \cdot \frac{\Delta C}{100}, \quad (3.16)$$

где  $K_o$  - удельное тяговое сопротивление машин при эталонной скорости  $\mathcal{G}_o = 5$  км/ч;  $\mathcal{G}_p$  - рабочая скорость машины, км/ч;  $\Delta C$  - темп нарастания удельного тягового сопротивления в зависимости от  $V_p$ , (%).

Полное тяговое сопротивление рабочих с/х машин при установившемся движении агрегата с уклоном

$$R_M = K_M \cdot B_K \pm G_M \frac{i}{100} \text{ кН} \quad (3.17)$$

где  $B_K$  - конструктивная ширина захвата, м;  $G_M$  - масса машины, кН.

Для навесных машин сопротивление равно

$$R_i' = G_i \cdot \left( f \pm \frac{i}{100} \right), \text{ кН} \quad (3.18)$$

где  $f$ - коэффициент сопротивления качению ходовых колёс или гусениц трактора.

Если имеется сцепка

$$R_{сц} = G_{сц} \cdot \left( f_{сц} \pm \frac{i}{100} \right) \text{ кН} \quad (3.19)$$

где  $G_{сц}$  - масса сцепки, кН;  $f_{сц}$  - коэффициент сопротивления качению ходовых колёс сцепки.

Если в агрегате имеется несколько рабочих машин:

$$R_a = n_m \cdot \left( B_k \cdot K \pm G_m \cdot \frac{i}{100} \right) + G_{сц} \cdot \left( f_{сц} \pm \frac{i}{100} \right). \quad (3.20)$$

где  $n_m$  - количество рабочих машин в агрегате,  $B_k$  - конструктивная ширина захвата, м,

Если имеется прицепной пахотный агрегат:

$$R_{пл} = h \cdot b_{кор} \cdot n_{кор} \cdot K_{пл} \pm G_{пл} \cdot C \cdot \frac{i}{100},$$

где  $h$  - глубина обработки, м;  $b_{кор}$  - ширина захвата одного корпуса, м;  $n_{кор}$  - количество корпусов;  $G_{пл}$  - масса плуга, кН;  $C$  - поправочный коэффициент, учитывающий массу налипшей почвы на корпусах плуга.

Если в пахотном агрегате имеются бороны, тогда

$$R_a = R_{пл} + n_m \cdot \left( B_k \cdot K \pm G_m \cdot \frac{i}{100} \right), \text{кН}. \quad (3.21)$$

где  $n_m$  - количество зубовых борон.

Для расчета тягово-приводных агрегатов обычно определяют максимально допустимую рабочую скорость агрегата  $\mathcal{G}_\delta$  из выражения

$$\mathcal{G}_p = \frac{360 \cdot q}{B_p \cdot g}, \text{ км/ч}. \quad (3.22)$$

где  $q$  - допустимая пропускная способность рабочих органов,  $g$  - урожайность убираемой сельскохозяйственной культуры, ц/га.

Необходимая эффективная мощность двигателя

$$N_e = \frac{\left[ R_m + G_{mp} \cdot \left( f + \frac{i}{100} \right) \right] \mathcal{G}_p}{3,6 \cdot \eta_m \cdot \eta_\delta} + \frac{N_y \cdot q + N_{\text{вoм}}}{\eta_{\text{вoм}}}, \quad (3.23)$$

где  $\eta_\delta$  - КПД, учитывающий буксование;  $N_y$  и  $N_{\text{вoм}}$  - затраты мощности (удельные) на технологический процесс и на валу отбора мощности, кВт.

### 3.4 Скорость движения агрегата

Различают следующие скорости агрегата: а) теоретическая б) рабочая, в) эксплуатационная.

Скорость движения определяется из выражения

$$\mathcal{G} = \omega \cdot r_\kappa \quad (3.24)$$

где  $\omega$  - угловая скорость колеса,  $\text{с}^{-1}$   $r_\kappa$  - радиус качения, м.

$$\mathcal{G} = \frac{\pi \cdot n_\kappa \cdot r_\kappa}{30}, \text{ м/с}. \quad (3.25)$$

где  $n_\kappa$  - число оборотов колеса,  $\text{мин}^{-1}$ .

Выразив  $n_\kappa$  через частоту вращения коленчатого вала двигателя и передаточное отношение трансмиссии  $i_{\text{тр}}$ , получим теоретическую скорость

$$\mathcal{G}_m = 0,377 \frac{n_g \cdot r_\kappa}{i_{\text{мп}}}, \text{ км/ч}. \quad (3.26)$$

Рабочая скорость определяется из выражения

$$\mathcal{G}_p = \mathcal{G} \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right), \text{ км/ч}. \quad (3.27)$$

или

$$\mathcal{G}_p = 0,377 \frac{n_g}{i_{\text{мп}}} \cdot r_\kappa \cdot \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (3.28)$$

где  $\delta$  - коэффициент буксования, %.

## 4 ЭНЕРГЕТИКА АГРЕГАТА

### 4.1 Тяговый баланс агрегата и его составляющие

Тяговый баланс- это распределение сил при работе агрегата. Тяговый баланс агрегата показывает, что касательная сила тяги равна сумме сил сопротивления передвижению агрегата и сил инерции.

На основании уравнения движения (3.8) представленного в разделе 3, тяговый баланс агрегата будет иметь следующий вид

$$P_x = P_{кр} + P_f \pm P_h \pm P_w \pm P_j . \quad (4.1)$$

Крюковое усилие приравнивается к силе сопротивления агрегата, и равно

$$P_{кр} = Ra .$$

$P_f$  - сила сопротивления перекачиванию ,кН.

$$P_f = G_a \cdot f . \quad (4.2)$$

При наличии угла подъема,  $\alpha$  (градус)

$$P_f = G_a \cdot f \cdot \cos \alpha , \quad (4.3)$$

где  $G_a$  - масса агрегата ,кН;  $f$ - коэффициент сопротивления качению;  $P_h$  - сила сопротивления подъему, кН.

$$P_h = \pm G_a \cdot \sin \alpha , \quad (4.4)$$

В упрощенной форме при известном уклоне  $i$  (%)

$$P_h = \pm G_a \cdot i , \quad (4.5)$$

Лобовое сопротивление

$$P_w = \pm c \cdot F_n \cdot \frac{g^2}{13} . \quad (4.6)$$

где  $c$ - коэффициент, учитывающий влияние обтекаемости формы машины, вязкости и плотности воздуха,  $\text{кг} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^4$ ;  $F_n$ - лобовая площадь машины,  $\text{м}^2$ ;  $V$ - скорость агрегата относительно воздушной среды,  $\text{км/ч}$ .

Абсолютное значение силы инерции

$$P_j = m \cdot j = 0,1 \cdot G_a \cdot j \cdot b , \quad (4.7)$$

где  $m$ - приведенная масса агрегата,  $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ ;  $j$ - ускорение прямолинейно - поступательного движения трактора,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $G_a$  - масса агрегата,  $\text{кН}$ ;  $\delta = 1,1 \dots 1,2$   $\text{с}/\text{М}$  - коэффициент приведения масс.

$$j = \frac{\varepsilon \cdot g_t}{3,6 \cdot G_a}, \text{м}/\text{с}^2. \quad (4.8)$$

где  $\mathcal{E} = 7,0 \dots 14,0$   $\text{кН}/\text{с}$  - поправочный коэффициент;  $V_T$  - теоретическая скорость на данной передаче,  $\text{км}/\text{ч}$ .

На практике  $j = 0,2 \dots 0,4 \text{м}/\text{с}^2$ .

Ввиду того, что силы  $P_w$  и  $P_j$  по величине незначительны, то в практических расчетах их не учитывают.

$$P_k = P_{kp} + P_f \pm P_h. \quad (4.9)$$

Из этого уравнения можно определить силу, которую может развить трактор для преодоления сопротивления сельскохозяйственных машин, а также силу, затрачиваемую на преодоление максимального угла подъема агрегата.

### 4.3 Рабочий баланс агрегата и его составляющие

Рабочий (мощностной) баланс - это распределение эффективной мощности двигателя по отдельным видам сопротивления агрегата. Мощность распределяется в основном на производительные и непроизводительные затраты.

Непроизводительные затраты мощности идут в основном на переезды с поля на поле, повороты, развороты.

Производительные затраты идут на преодоление механических потерь в трансмиссии трактора, самопередвижения агрегата, преодоления подъема, буксования ведущего аппарата, преодоление сил инерции, воздуха и выполнение полезной работы. Исходя из этого, рабочий (мощностной) баланс будет иметь следующий вид

$$N_e = N_{np} + N_f + N_s \pm N_h \pm N_j \pm N_w + N_{kp} + N_{вом}^e. \quad (4.14)$$

$N_{mp}$  - мощность, затрачиваемая на преодоление трения в передаточных механизмах трансмиссии трактора.

$$N_{mp} = Ne \cdot (1 - \eta_{mp}), \text{ кВт} \quad (4.15)$$

где  $Ne$  - эффективная мощность двигателя, кВт;  $\eta_{mp}$  - К.П.Д. трансмиссии [6]'

$$\eta_{mp} = \eta_u^n \cdot \eta_k^m \cdot \eta_{гус} \quad (4.16)$$

где  $\eta_u = 0,95 \dots 0,98$  - К.П.Д. цилиндрических пар;  $\eta_k = 0,94 \dots 0,96$  - К.П.Д. конических пар;  $\eta_{гус} = 0,95 \dots 0,96$  - К.П.Д. гусениц;  $n$  и  $m$  - соответственно количество цилиндрических и конических пар.

Мощность на преодоление других сопротивлений

$$N = P \cdot V, \quad (4.17)$$

где  $P$  - сила сопротивления, кН;  $V$  - скорость перемещения, км/ч.

Мощность преодоления сопротивления перекачиванию

$$N_f = \frac{P_f \cdot g_p}{3,6}, \text{ кВт} \quad (4.18)$$

где  $P_f = G_{mp} \cdot f$  или  $P_f = G_{mp} \cdot f \cdot \cos$  - сила сопротивления перекачиванию, кН;  $V_p$  - рабочая скорость, км/ч;  $G_{mp}$  - масса трактора, кН;  $f$  - коэффициент сопротивления качению.

Мощность, идущая на преодоление буксования

$$N_\delta = \frac{P_k (g_T - g_p)}{3,6}, \text{ кВт} \quad (4.19)$$

где  $P_k$  - касательная сила, кН;  $V_T$  - теоретическая скорость движения агрегата, км/ч

Мощность буксования  $N_\delta$

$$N_\delta = N_{об} \cdot \delta \quad (4.20)$$

Мощность, идущая на преодоление подъема  $N_h$ ,

$$N_h = \pm P_h \frac{(\mathcal{G}_h - \mathcal{G}_p)}{3,6} = \frac{G_{mp} \cdot i}{3,6} \cdot \mathcal{G}_p, \text{кВт}. \quad (4.21)$$

где  $P_h$  - сила сопротивления подъему, кН;  $V_h$  - скорость агрегата на подъеме, км/ч;  $G_{mp}$  - масса трактора, кН;  $j$  - уклон, %,

Мощность, идущая на преодоление сил инерции  $N_j$

$$N_j = \pm \frac{P_i \cdot \mathcal{G}_p}{3,6}, \text{кВт}. \quad (4.22)$$

где  $P_j$  - сила инерции, кН.

Мощность, идущая на преодоление ветровой нагрузки

$$N_w = \pm \frac{c \cdot F \cdot \mathcal{G}^3}{46,8}, \text{кВт}. \quad (4.23)$$

Мощность, идущая на выполнение основной работы, т.е. мощность на крюке  $N_{кр}$  равна

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot \mathcal{G}_p}{3,6}, \text{кВт}. \text{ или } N_{кр} = \frac{Pa \cdot \mathcal{G}_p}{3,6}, \text{кВт}. \quad (4.24)$$

где  $Ra = P_{кр}$  - сопротивление агрегата, кН,

Мощность на валу отбора

$$N_{вом}^e = \frac{N_{вом}}{\eta_{вом}}, \text{кВт}. \quad (4.25)$$

где  $N_{вом}$  - мощность фактическая на валу отбора мощности, кВт;  $\eta_{вом} = 0,70$  к.п.д. вала отбора мощности.

## 5 ТЯГОВЫЕ СВОЙСТВА АГРЕГАТА

### 5.1 Показатели тяговой характеристики

Тяговая характеристика строится теоретически, расчетным методом, используя графоаналитические построения. С другой стороны тяговая характеристика может быть

построена по экспериментальным данным на конкретном почвенном фоне.

Тяговая характеристика необходима для того, чтобы графически определить, на какой передаче рациональнее работать агрегату при выполнении технологических операций в зависимости от почвенных условий.

При построении тяговой характеристики принимается, что крюковое усилие  $P_{кр} = 0$ , коэффициент буксования  $S$  тоже равен нулю. Сначала строят в масштабе регуляторную (скоростную) характеристику. Затем, на примере одной передачи, построение ведут в следующей последовательности.

## 5.2 Оценка тяговых свойств агрегата

Для оценки тяговых свойств агрегата применяются следующие показатели:

**1. Тяговый коэффициент полезного действия трактора.** Это основной показатель, который равен:

$$\eta_T = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (5.1)$$

где  $N_{кр}$  - мощность на крюке, кВт;  $N_e$  - эффективная мощность двигателя, кВт.

Тяговый КПД - это энергетический КПД, показывающий, какой процент эффективной мощности используется для тяги.

**2. Коэффициент использования тягового усилия.** Представляет собой отношение рабочего сопротивления сельскохозяйственной машины или орудия  $R_a$  к номинальному тяговому усилию трактора  $P_{кр}$  на данной передаче

$$\eta_{ум} = \frac{R_a}{R_{кр}^н}, \quad (5.2)$$

Коэффициент использования тягового усилия не

должен превышать значения, равного единице, т.к. необходимо иметь запас тяги. Оптимальное его значение на пахоте равно  $\eta_{ит} = 0,80 \dots 0,95$ .

3. Коэффициент использования максимальной тяговой мощности

$$\eta_{тм} = \frac{N_{кр}}{N_{кр}^{max}}, \quad (5.3)$$

где  $N_{кр}$  - максимальная мощность на крюке, кВт.

4. Степень использования эффективной мощности

$$\eta_{N_e} = \frac{N_e}{N_e^{max}}, \quad (5.4)$$

где  $N_e^{max}$  - максимальное значение эффективной мощности, кВт.

#### 5.4 Коэффициент полезного действия как оценочный показатель работы агрегата

КПД агрегата для различных способов передачи энергии.

**а) КПД агрегата при последовательной передаче энергии (рис.5.2)**

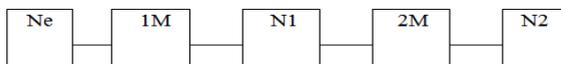


Рис.5.2. Агрегат с последовательной передачей энергии

Общий КПД определится, как отношение

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (5.5)$$

где  $\eta_1, \eta_2$  - КПД 1-й и 2-й машины.

**б) КПД агрегата при параллельной передаче энергии (рис. 5.3).**

$$\eta = \eta_{e1} + \eta_1 + \eta_{e2} + \eta_2 \quad (5.6)$$

где  $\eta_{e1}$  и  $\eta_{e2}$  - КПД первого и второго вала параллельных передач;  $\eta_1$  и  $\eta_2$  -КПД первой и второй машины.

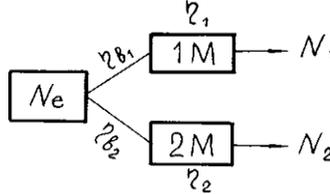


Рис. 5.3. Агрегат с параллельной передачей энергии

**в) КПД агрегата при смешанной передаче энергии**  
(рис. 5.4).

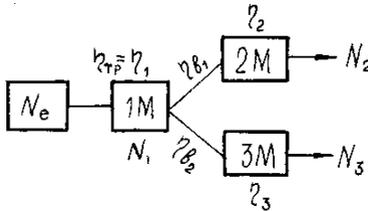


Рис.5.4. Смешанная передача энергии

Коэффициент полезного действия агрегата со смешанной передачей энергии равен произведению КПД трансмиссии на сумму произведений частных КПД

$$\eta = \eta_1 (\eta_{b1} \cdot \eta_2 + \eta_{b2} \cdot \eta_3), \quad (5.7)$$

**г) КПД тягово-приводного агрегата** (рис. 5.5).

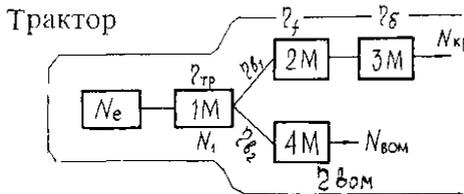


Рис. 5.5. Схема тягово-приводного агрегата

$$\eta = \eta_{mp} (\eta_{e1} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta + \eta_{e2} \cdot \eta_{всm}), \quad (5.8)$$

КПД тягово-приводного агрегата равен произведению КПД трансмиссии  $\eta_{mp}$  на сумму произведений частных КПД.

### **Энергетический КПД агрегата.**

Энергетический коэффициент полезного действия агрегата позволяет оценить степень использования энергии топлива в агрегате. Он определяется из отношения полезной работы к потенциальной энергии топлива

$$\eta_a = \frac{A_n}{427 \cdot H \cdot Q}, \quad (5.9)$$

где  $H$  - теплотворная способность топлива, ккал • гр/град.;  $Q$ - количество топлива, израсходованного на выполнение полезной работы  $A_n$ .

Энергетический КПД агрегата будет равен

$$\eta_a = \eta_e \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta, \quad (5.10)$$

где  $\eta_e$  - эффективный КПД двигателя;  $\eta_{mp}$  - КПД трансмиссии;  $\eta_f$  - КПД, учитывающий сопротивление перекачиванию;  $\eta_\delta$  - КПД, учитывающий буксование.

Полный энергетический КПД тягового агрегата:

$$\eta_a = \eta_e \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta = \eta_{mp} \cdot \varphi. \quad (5.12)$$

Для параллельного и смешанного соединения машин полученные зависимости имеют аналогичный вид.

## **6.КИНЕМАТИКА АГРЕГАТА**

### **6.1 Понятие кинематики агрегата**

**Кинематика агрегата** - это учение о законах циклично повторяющегося движения при производстве полевых работ. При выполнении полевых работ характерной

особенностью агрегата является относительное перемещение составных частей и всего агрегата в целом параллельно ходу его движения. В связи с этим в машинном агрегате имеются такие понятия как внутренняя и внешняя кинематика.

Внутренняя кинематика характеризуется взаимосвязями между сопряжениями и узлами агрегата, которую нельзя изменить в процессе работы. Основным оценочным показателем является коэффициент полезного действия  $\eta_a$

Внешняя кинематика определяется способом движения агрегата. Основным оценочным показателем в данном случае является мобильность агрегата, оцениваемая основными показателями: коэффициентом рабочих ходов  $\varphi$  и коэффициентом использования времени движения  $\tau_{дв}$ .

При выполнении производственных процессов агрегат проходит путь, в котором имеются рабочие  $S_p$  и холостые  $S_x$  ходы, а также переезды, повороты, развороты.

Холостые ходы подразделяются на:

- связанные с выполнением производственного процесса (повороты, развороты);
- не связанные с выполнением технологического процесса (переезды с одного поля на другое).

Чем меньше холостых переездов при обработке участков, тем выше производительность агрегата и ниже себестоимость продукции.

## **6.2 Радиус поворота агрегата**

Движение агрегата, в зависимости от его геометрических параметров, можно разделить на близкое к прямолинейному движению агрегата в пространстве и на криволи-

нейное (повороты). Движение агрегата на поворотах отличается сложностью (рис. 6.1).

Точка  $O$  является кинематическим центром агрегата, т.е. точка пересечения осей на заднем мосту трактора (дифференциал); точка  $O_1$  - точка соединения трактора с машиной.  $b$  - поперечная база трактора (колея);  $a$  - половина колеи;  $L$  - продольная база трактора;  $I_{mp}$  - кинематическая длина трактора;  $I_M$  - кинематическая длина с/х машины;  $I_a$  —  $(I_{mp} + I_M)$  - кинематическая длина агрегата (т.О) до линии расположения наиболее удаленной точки рабочих органов с/х машины при прямолинейном движении;  $B_k$  - кинематическая ширина агрегата. Для гусеничных тракторов кинематический центр трактора является точка ( $O$ ) пересечения линий, проведенных через середины гусениц (рис. 6.2).

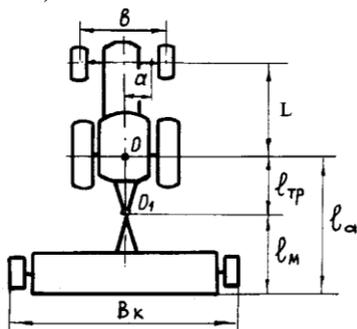


Рис. 6.1 Кинематические параметры агрегата

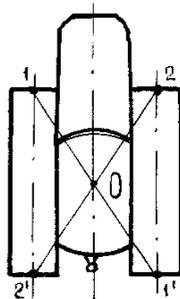


Рис. 6.2. Кинематический центр гусеничного трактора

Параметр  $I_a$  определяет длину выезда агрегата - т.е. расстояние, на которое нужно продвинуть агрегат от контрольной линии поворотной полосы, чтобы заглубить и выглубить рабочие органы машины.

Поворот агрегата выполняется относительно центра поворота  $O_2$ . (рис. 6.3). Радиус поворота  $R$  будет равен расстоянию от т.  $O$  до т.  $O_2$ .

$$R = O-O_2. \quad (6.1)$$

Точное значения радиуса поворота

$$R = L \operatorname{ctg} \alpha + a \quad (6.2)$$

или

$$R = L \operatorname{ctg} \beta - a. \quad (6.3)$$

Точка  $O_2$  является мгновенным центром поворота агрегата.

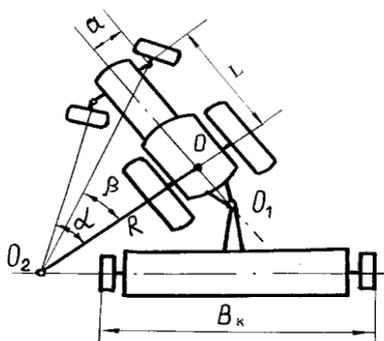


Рис. 6.3. Определение радиуса поворота  $R$

Радиус поворота зависит от: габаритов агрегата; почвенного фона; скорости движения; от способа соединения машины с трактором; от квалификации механизатора.

### 6.3 Виды поворотов

В зависимости от выполняемых сельскохозяйственных операций машинно-тракторные агрегаты на концах загонов выполняют два основных вида поворотов: на  $90^\circ$  или  $180^\circ$ , а также угловые повороты. Помимо этого выполняются: петлевые; беспетлевые повороты; с задним ходом; частные случаи.

Все повороты и развороты осуществляются на поворотных полосах  $E$ , которые оставляют при подготовке поля. Для выполнения механизированных работ поле разбивается на рабочие участки шириной  $C$  уч и длиной  $L$ , которые делятся на делянки шириной  $D$ . Проводятся контрольные линии  $K$ , служащие для обозначения мест включения и выключения рабочих органов с/х машин (рис.6.4).

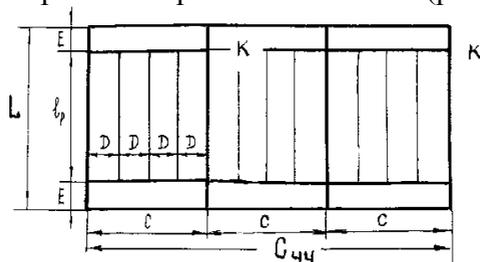


Рис.6.4. Подготовка поля

Длина холостого хода агрегата. Одним из наиболее распространенных поворотов на  $180^\circ$ , является беспетлевой с прямым участком (рис. 6.2).

Общая линия холостого хода беспетлевого поворота

$$Lx + l_n \cdot 2 \cdot e, \quad (6.1)$$

где  $l_n$  - длина петли, м;  $e$  - длина выезда агрегата, м

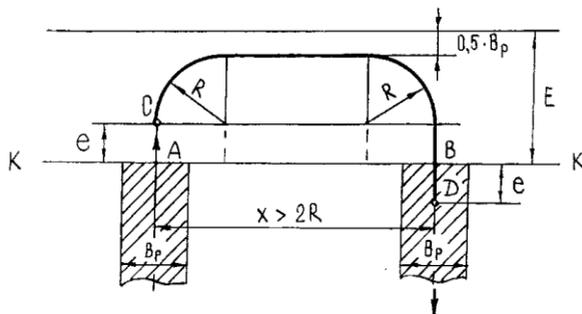


Рис. 6.2. Беспетлевой поворот на  $180^\circ$ .

Длина петли равна:

$$l_n = \pi \cdot R + x - 2 \cdot R \quad (6.2)$$

Или  $l_n = 1,14R + x$  (6.3)

Общая длина холостого хода:

$$Lx = 1,14R + X + 2e. \quad (6.4)$$

Ширина поворотной полосы при условии, что  $R > B_p$

$$E = 1,5R + E. \quad (6.5)$$

Длина холостого хода петлевого грушевидного поворота складывается из значений длин дуг, выраженных через радиус поворота и соответствующие углы (рис.6.3).

Общая длина холостого пути в данном случае равна

$$Lx = l_n + 2e. \quad (6.6)$$

Длина петли определится

$$l_n = \pi \cdot R \cdot \left( 3 - \frac{1}{45} \cdot \arcsin \frac{2R + x}{4R} \right) \quad (6.7)$$

Для широкозахватного симметричного агрегата при условии, что  $R = x = B_p$  длина петли округленно равна

$$L_n = 6 \cdot R.$$

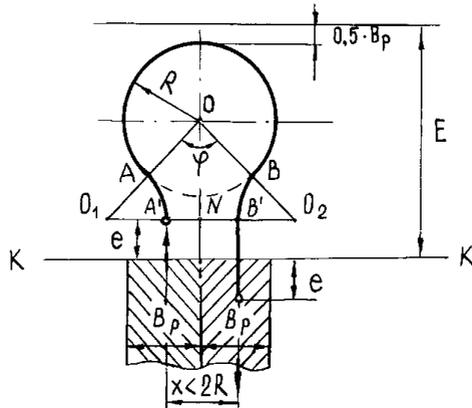


Рис. 6.3. Схема петлевого грушевидного поворота  
Тогда общая длина холостого пути петлевого грушевидного поворота

$$Lx=6-R+2e, \quad (6.8)$$

Для 8-образного поворота длина холостого хода

$$Lx=8,4-R+2e. \quad (6.9)$$

Ширина поворотной полосы

$$E=3R+e, \quad (6.10)$$

и выбирается кратной ширине захвата агрегата

$$E=K \cdot Bp, \quad (6.11)$$

где  $K=2...4$  - коэффициент кратности.

#### **6.4 Способы движения агрегата**

Способ движения агрегата - это закономерно (циклично) повторяющееся чередование рабочих ходов, поворотов и заездов на рабочем участке или загоне.

Имеется три основных способа движения агрегата:

а) гоновый (если агрегат движется вдоль одной из сторон загона или поля):

б) круговой (агрегат копирует контуры рабочего участка от периферии к центру или наоборот);

в) диагональный (движение агрегата осуществляется под углом к сторонам загона).

Кроме этого подразделяются на: загонные и беззагонные, левоповоротные и правоповоротные, петлевые и беспетлевые, однозагонные и многозагонные.

Гоновый способ для симметричных агрегатов (посевной, прикатывание, культивация) осуществляется методом "челнока". Для агрегатов несимметричных (пахотных) тоновый способ осуществляется "всвал" и "вразвал".

#### **6.5 Оценка кинематики агрегата**

Оценка кинематики агрегата осуществляется опреде-

лением наименьших затрат времени на холостое движение агрегата. Сравнение ведут с помощью коэффициента рабочих ходов и коэффициента использования времени движения. Коэффициент рабочих ходов равен

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}. \quad (6.12)$$

Коэффициент использованного времени определяется

$$\tau_{ов} = \frac{T_p}{T_p + T_x}, \quad (6.13)$$

где  $L_p$  и  $T_p$  - путь и время рабочего движения на загоне;  $L_x$  и  $T_x$  - путь и время холостого движения на загоне.

Эти коэффициенты зависят от: вида выполняемой работы; способа движения; размеров обрабатываемого участка; квалификации водителя.

При выборе рациональных видов поворотов нужно руководствоваться следующими правилами:

1) средняя скорость движения на поворотах должна быть равна предельно допустимой;

2) длительность переменного управляющего воздействия на механизм поворота на участках переменной кривизны должна выбираться таким образом, чтобы возможно более полно использовался конструктивный угол поворота а направляющих колес или полурам трактора, чтобы повороты выполнялись с возможно более высоким значением параметра режима  $n$  (до 1,5).

Общая оценка кинематики агрегата осуществляется путем определения коэффициента полезного действия технологического процесса. Общий КПД равен:

$$\eta_{np} = \frac{A_n}{A_3}, \quad (6.14)$$

где  $A_n$  - полезная работа, Нм;  $A_3$  - затраченная работа, Нм.

или

$$\eta_a = \eta_{np} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta \cdot \varphi \cdot \quad (6.15)$$

## **7 КОМПЛЕКТОВАНИЕ АГРЕГАТА**

### **7.1 Задачи и требования к комплектованию агрегата**

**Комплектование агрегата** - это выбор структуры, состава и режима движения агрегата с целью получения высоких технических и экономических показателей в конкретных условиях его использования.

#### **ТРЕБОВАНИЯ К КОМПЛЕКТОВАНИЮ АГРЕГАТА**

1. Необходимо обеспечить соответствие между возможностями машины, свойствами обрабатываемого материала и требованиями на качество выполняемых работ. При работе машинно-тракторного агрегата выделяются два случая.

В первом случае необходимо обеспечить полную загрузку машины, т.е. обеспечить рациональное распределение энергии в агрегате.

Во втором случае - выбрать наиболее подходящий технологический процесс для полного использования энергетики.

2. Необходимо обеспечить высокую маневренность агрегата, за счет рационального размещения рабочих органов.

3. Необходимо организовать рациональное движение агрегата с максимально возможным коэффициентом рабочих ходов "f".

4. При комплектовании агрегата необходимо полностью исключить ручной труд как при выполнении основных, так и вспомогательных операций.

5. Необходимо свести к минимуму непроизводительные затраты времени. Для этого необходимо:

а) правильно выбрать места для технологических остановок агрегата;

б) организовать условия труда и обеспечить его безопасность.

## **7.2 Способы соединения машин в агрегате**

Для соединения агрегата с несколькими рабочими машинами применяют промежуточное звено, называемое сцепкой. Основное назначение сцепок - это передача тягового усилия рабочим машинам от трактора.

Сцепки бывают двух видов:

1. Универсальные - предназначенные для присоединения различных симметричных машин (борон, сеялок и др.), у которых имеется фронтальный тяговый брус.

2. Специальные - предназначенные для присоединения несимметричных машин (плугов, жаток и др.), у которых фронтальный тяговый брус отсутствует, а имеются специальные тяги, позволяющие идти машинам уступом одна за другой.

Для навесных тракторных агрегатов, в отличие от прицепных, применяют способы соединения сельскохозяйственных машин путем навешивания или комбинации навески и прицепа в соответствии с конструктивными особенностями [2, 3, 4].

Агрегаты с навесными машинами имеют ряд преимуществ: меньшую металлоемкость, большую поворот-

ливость; меньшее сопротивление рабочих машин и больший сцепной вес трактора.

### **7.3 Методы расчета состава агрегата**

Существует несколько методов расчета состава агрегата.

1. Аналитический (опытный и расчетный).
2. Графический.
3. Графоаналитический.

Опытный метод основан на том, что на практике комплектуют агрегаты со всеми присущими элементами, т.е. составляют агрегат в натуре. При этом выбирается сцепка, размещаются сельскохозяйственные машины - орудия, выбираются длины тяг, устанавливаются маркеры, следоуказатели и др. Для размещения рабочих сельскохозяйственных машин выбирается сцепка с наименьшим фронтом, с целью уменьшения ее веса и тягового сопротивления.

После этого агрегат ставят в работу и определяют его загрузку (измеряют расход топлива за 1 час) и подсчитывают производительность. Далее агрегат корректируется - увеличивается или уменьшается число рабочих сельскохозяйственных машин в зависимости от работы трактора.

Расчетный метод. Он основывается на том, что агрегат рассчитывается по определенным методикам, для определенной операции.

#### **Методика расчета тягового агрегата**

В первую очередь задаются агротехнические требования (диапазон допустимых рабочих скоростей, глубина заделки, ширина междурядий и др.). Определяют крюковое

усилие  $P_{кр}$  при заданных скоростях. Рассчитывают силу сопротивления перекачиванию  $P_f$  и касательную силу  $P_k$ .

$$P_f = G_{ГП} \cdot f \cdot \cos \alpha. \quad (7.1)$$

Касательная сила тяги равна

$$P_k = \frac{M_{\partial} \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп}}{r_r}, \quad (7.2)$$

где  $G_{ГП}$  - масса трактора; кН;  $f$  - коэффициент сопротивления качению;  $i$  - передаточное отношение трансмиссии;  $r_k$  - радиус качения, м

После этого подбирается необходимая рабочая сельскохозяйственная машина. Определяется предельная ширина захвата исходя из возможностей тяговой машины

$$B_{np} = \frac{P_{кр}^H - G_{мп} \cdot i}{K_m \pm g_m \cdot i + g_{cu} \cdot (f \pm i)}, \quad (7.3)$$

где  $P_{кр}^H$  - номинальное крюковое усилие, кН;  $i$  - уклон, %;  $K_m$  - коэффициент удельного сопротивления машины;  $G_m$  - масса одного погонного метра рабочей машины, кН;  $G_{cu}$  - масса одного погонного метра сцепки, кН.

По предельной ширине захвата  $B_{пп}$  определяют количество машин в агрегате

$$n_m = \frac{B_{пп}}{b_m}, \quad (7.4)$$

где  $B_m$  - ширина захвата 1-й машины, м;  $n_m$  - округляется до целого числа в меньшую сторону.

Фронт сцепки определяется из выражения

$$\Phi = b_m \cdot (n_m - 1). \quad (7.5)$$

Выбирается сцепка по фронту и определяется сопротивление агрегата

$$R_a = n_m \cdot B_m \cdot (K_m \pm g_m \cdot i) + g_{cu} \cdot (f \pm i), \quad (7.6)$$

где  $f_{сц}$  - коэффициент сопротивления качению сцепки;  $g_{сц}$  - масса сцепки, кН .

Количество дополнительных машин в сцепке:

$$n_{.ml} = \frac{B_{np}}{b_{ml}}, \quad (7.7)$$

где  $b_{ml}$  ширина захвата дополнительной машины, м;  $n_{.ml}$  - округляют до целого числа в большую сторону.

### **Методика расчета тягово-приводного агрегата**

Методика расчета аналогична предыдущей. Задаются конкретным составом агрегата. Но расчет сводится к определению режима движения агрегата. Необходимо выбрать наиболее допустимую скорость движения  $V_p \cdot B$  в этом случае определяется сопротивление агрегата, когда он перемещается вхолостую.

**Графический метод** связан с построением специальных номограмм для установления возможных вариантов работы машины на почвах с различными физико-механическими составами. Графический и графоаналитический методы очень близки.

После определения состава агрегата выбирается кинематика его движения и определяются кинематические элементы (радиус поворота, способ движения, скорость и др.). Для этих целей необходимо вычертить агрегат и участок в масштабе (рис. 7.1).

Определяются составляющие баланса времени смены  $T_{см}$ , время цикла  $T_{ц}$ , коэффициент рабочих ходов  $\varphi$ , коэффициент использования времени движения  $\tau_{дв}$  и производительность  $W$  агрегата.

Баланс времени смены в общем виде равен

$$T_{см} = T_p + \Sigma T_i, \quad (7.8)$$

где  $T_p$  - время чистой работы, ч;  $\Sigma T_i$  - сумма затрат вре-

мени на подготовительно-заключительное время, на холостые переезды, обслуживание и ремонт агрегата и др.

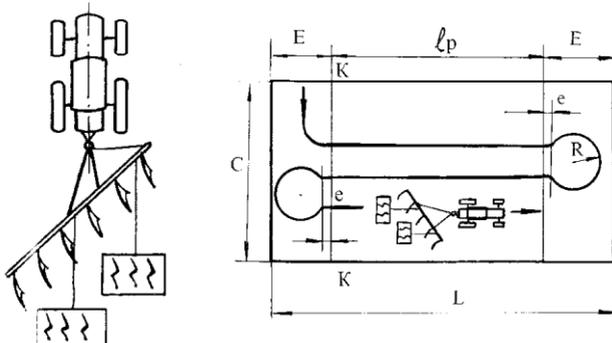


Рис. 7.1. Схема движения агрегата  
 Определяется время одного цикла

$$T_u = T_p + T_x. \quad (7.9)$$

Коэффициент рабочих ходов

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (7.10)$$

Коэффициент использования времени движения

$$\tau_{дв} = \frac{T_p}{T_p + T_x}. \quad (7.11)$$

Определяется производительность агрегата:

$$\text{теоретическая} - W = 0,1 \cdot B_k \cdot V_m; \quad (7.12)$$

$$\text{техническая} - WT = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{дв}; \quad (7.13)$$

$$\text{эксплуатационная} - W = 0,71 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{см} \cdot \tau. \quad (7.14)$$

где  $T_{см}$  - время одной смены, ч;  $\tau$ -коэффициент использования времени смены.

Величина погектарного расхода топлива

$$\theta = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_0 \cdot T_0}{W}, \quad (7.15)$$

где  $G$  и  $T$ - соответственно, часовой расход топлива и время работы на рабочем и холостом режимах, (кг; ч).

Определяется длина вылета маркера по формуле

$$x_m = B_p \pm \frac{b}{2}, \quad (7.16)$$

где  $b$ -колея трактора, м.

## 7.4 Оценка комплектования агрегата

Основным показателем при оценке являются затраты на единицу выполненной работы

$$C = \frac{m_0}{W_ч}, \quad (7.17)$$

где  $m_0$  - количество человек обслуживающих агрегат;  $W_ч$  - часовая производительность, га/ч ,

Экономичность агрегата определяется из выражения

$$\theta = \frac{G_T}{W}, \quad (7.18)$$

где  $G_T = g_e - N_e$  или  $G_T = g_{кр} - N_{кр}$ ;  $G_T$ -часовой расход топлива двигателем, кг/ч;  $W$  - норма выработки, га.

Затраты механической энергии

$$A = \frac{N_e}{W} = \frac{10^3 \cdot \theta}{g_e}, \quad (7.19)$$

где  $\theta$  - экономичность, кг/га;  $g_e$  - удельный расход топлива, г·л.с/ч.

## 8 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АГРЕГАТА

### 8.1 Виды производительности

**Производительность агрегата** - это количество выполненной им в единицу времени работы определенного качества.

Производительность агрегата  $W$  при выполнении работ за смену  $T$  часов представляет собой площадь прямоугольника, одна сторона которого будет равна ширине захвата агрегата  $B$ , а другая - длина пути, пройденного агрегатом при заданной скорости движения  $V$  (рис.8.1).

$$W = B \cdot V, \quad (8.1)$$

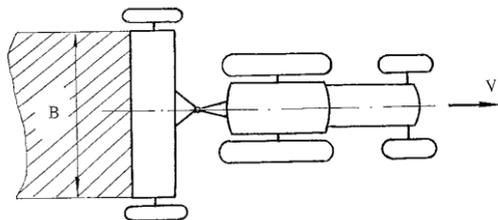


Рис. 8.1. Схема расчета производительности  
При переводе в гектары

$$W = \frac{B \cdot \mathcal{G} \cdot 10^3}{10^4} = 0,1 \cdot B \cdot \mathcal{G}, \text{ га/ч} \quad (8.2)$$

или

$$W = 0,1 \cdot B \cdot \mathcal{G}$$

где 0,1 - постоянный коэффициент.

Производительность агрегата различают по следующим признакам: конструктивная; техническая; эксплуатационная.

## 8.2 Расчёт производительности агрегата по конструктивным параметрам

Конструктивная плоскостная производительность для почвообрабатывающих и посевных агрегатов равна произведению ширины захвата агрегата  $B_k$  на скорость движения

$$W_{kn} = 0,1 \cdot B_k \cdot V_T, \text{ га/ч} \quad (8.3)$$

При определении технической производительности необходимо учитывать коэффициент использования времени движения агрегата  $\tau_{дв}$ , который равен

$$\tau_{дв} = \frac{T_p}{T_p + T_x} \quad (8.4)$$

Тогда техническая производительность:

$$W_{mn} = 0,1 \cdot B_K V_p \tau_{дв}, \text{ га/ч} \quad (8.5)$$

в) техническая объемная производительность

$$W_{TO} = V_k/t \cdot \tau_{дв}, \text{ м/ч} \quad (8.6)$$

Эксплуатационная производительность

При определении эксплуатационной производительности необходимо учесть следующие потери:

- потери скорости от буксования

$$V_p = V_m \cdot (1 - \delta), \quad (8.7)$$

где  $\delta$  - коэффициент буксования, %

- потери от изменения ширины захвата  $B_p$

$$B_p = B_k \cdot \beta_b, \quad (8.8)$$

где  $\beta_b$  - коэффициент, учитывающий изменение ширины захвата;

- потери от недополнения бункера

$$V_\phi = V_k \cdot \alpha, \text{ м}^3 \quad (8.9)$$

где  $\alpha$  - коэффициент наполнения бункера .

Баланс времени смены:

$$T_{см} = T_p + T_{пз} + T_x + T_{техн} + T_{то} + T_{агр} + T_{орг} + T_{физ}, \quad (8.10)$$

где  $T_{пз}$  - подготовительно-заключительное время, ч;  $T_p$  - чистое рабочее время агрегата, ч;  $T_x$  - время на холостые проезды, ч;  $T_{техн}$  - время на технологические остановки, ч;  $T_{то}$  - время на техническое обслуживание, ч;  $T_{агр}$  - время на агрометеорологические условия, ч;  $T_{орг}$  - время на организационные вопросы, ч .

В общем виде время смены равно

$$T_{см} = T_p + \sum T_i \quad (8.12)$$

Коэффициент использования времени смены

$$\tau = \frac{T_p}{T_p + \Sigma T_i} = \frac{T_p}{T_{см}}. \quad (8.13)$$

эксплуатационная плоскостная производительность

$$W_{эл} = 0,1 \cdot Bp \cdot Vp \cdot m, \text{ га/ч} \quad (8.14)$$

### 8.3 Пути повышения производительности агрегата

Основные пути повышения производительности агрегата:

- точное выполнение агротехнических требований;
- правильная организация технологического процесса;
- правильное обслуживание агрегатов в период полевых работ;
- правильная загрузка агрегата при полном использовании эксплуатационных показателей машин (мощности двигателя, тягового усилия, скорости и др);
- правильное комплектование агрегата;
- использование агрегатов на повышенных скоростях;
- правильное использование маневрирования скоростями;
- обеспечивать хорошее техническое состояние двигателя;
- обеспечивать хорошее техническое состояние агрегата;
- осуществлять переход к работе агрегата с бесступенчатой трансмиссией;
- применять групповой метод работы агрегатов (2...5 и более агрегатов на одном поле в соседних загонах).

## 9 СИСТЕМА УЧЕТА И ОЦЕНКИ РАБОТЫ МАШИН

### 9.1 Существующая система учета и оценки работы машин

В существующей системе учета применяют показатели для осуществления оценки и анализа работы машинно-тракторного парка.

Таблица 9.1 Существующие показатели учета и оценки

Показатель	Размерность	Назначение
Объем выполненной работы	га	Оплата труда механизатора
Количество смен, дней	маш/смен; маш/дней	Оценка ИТР
Норма выработки. Расход топлива	га/смену; кг/га	Оценка производительности и экономичности
Переводные коэффициенты	--	Перевод физических единиц работы в условные
Выработка: годовая; дневная сменная	усл.га усл.тр-р	Оценка производительности МТП, МТА, механизаторов
Коэффициенты; сменности - использования МТП - технической готовности - эксплуатационной надежно-		Оценка ИТР
Расход топлива	кг/физ.	Оценка работы меха-
Периодичность ТО и ремонтов	мото-ч, кг	Контроль и оценка ТО и ре- монтов
Планирование ТО и ремонтов	руб/га	Оценка планирования ТО и ремонтов
Срок службы и списания техники	8... 10 лет	Оценка работы ИТР

## 9.2 Рекомендуемая система

Требования к системе учета и оценки работы машин:

- базироваться на трех главных показателях: количественном, качественном и экономическом;
- обеспечивать сравнение плановых и фактических показателей;
- устанавливать взаимосвязь со всеми организационно-техническими службами подразделений (хозяйства);
- обеспечивать правильную организацию труда;
- осуществлять контроль за расходом материальных и денежных средств;
- отражать изменение производительности агрегата, труда и себестоимости работ;

Для совершенствования системы учета и оценки работы машин профессор Полканов И.П. предложил применять систему приведенных показателей. В основу получения приведенных показателей положено то обстоятельство, что характер протекания процесса приводится к одному режиму - номинальному.

Таблица 9.2 Показатели учета работы машин

Наименование показателя	Расчетное уравнение	
	для машины	для парка машин
Приведенное время	$t, \text{пч}$	$t, \text{ппч}$
Затраты средств на ТО машин	$З, \text{Руб.}$	$\Sigma Z, \text{РвБ.}$
Удельные затраты	$C = \frac{Z}{T_n}, \frac{\text{руб}}{\text{пч}}$	$C = \frac{\Sigma Z_i}{T_n}, \frac{\text{руб}}{\text{плч}}$
Показатель качества	$\Pi$	$\Pi_{\text{п}}$
Почасовая оплата труда	$З, \frac{\text{руб}}{\text{пч}}$	$З_n, \frac{\text{руб}}{\text{плч}}$
Механическая работа, выполненная машинным парком .	$A, \text{Нм}$	$A_{\text{п}}, \text{Нм}$

Таблица 9.3 Показатели оценки работы машин

Наименование показателя	Расчетное уравнение	
	для машины	для парка машин
Коэффициент совершенства обслуживания	$\eta_{co} = \frac{C_n}{C_\phi}$	$\eta_{con} = \frac{C_m}{C_{n\phi}}$
Коэффициент использования возможностей	$\eta_{ив} = \frac{Q_\phi}{Q_{max}}$	$\eta_{ив_n} = \frac{\Sigma Q_\phi}{\Sigma Q_{max}}$
Коэффициент качества процесса	$K = \frac{\Pi_n}{\Pi_\phi}$	$K_n = \frac{\Pi_{nn}}{\Pi_{n\phi}}$
Коэффициент оплаты труда	$K_{om} = \frac{3_n}{3_\phi}$	$K_{omn} = \frac{3_{nn}}{3_{\phi n}}$

где  $C_n$  и  $C_\phi$  - соответственно нормативные величины удельных затрат, потерь, урожая и почасовой оплаты труда.

## 10 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

### 10.1 Затраты труда на выполнение производственных процессов

Прямые затраты труда равны отношению числа механизаторов  $n_m$ , работающих непосредственно на агрегате, к часовой производительности агрегата  $w_q$ .

$$C = \frac{n_m}{W_q}, \text{ чел} \cdot \text{ч/га} \quad (10.1)$$

Если имеются вспомогательные рабочие, тогда

$$C = \frac{n_m + n_e}{W_q}, \quad (10.2)$$

где  $n_e$  - число вспомогательных рабочих, которые обслуживают технологический процесс, т.е. выполняют вспомогательные операции.

Пути снижения затрат труда :

-уменьшение числа рабочих путём механизации и автоматизации как основных, так и вспомогательных процессов;

-повышение энергонасыщенности и энерговооружённости труда ;

-рациональная организация рабочего дня, обеспечивающая снижение непроизводительных затрат времени смены;

-повышение культуры земледелия, т.е. своевременная обработка материала с высоким качеством, обеспечивающая максимальную урожайность сельскохозяйственных культур.

## 10.2 Удельные энергозатраты

**Полные удельные энергозатраты равны**

$$C_y = 427\theta \cdot Q_n \quad (10.3)$$

где 427 кГм/ккал - механический эквивалент теплоты;  $Q_n=10200$  ккал/кг.град - низшая теплотворная способность топлива.

Эффективные удельные энергозатраты равны

$$C_{ye} = C_y \cdot \eta_e, \quad (10.4)$$

$$\eta = \frac{75 \cdot 3600 \cdot N_e}{G_r \cdot Q_n \cdot 427} = \frac{632}{g_e \cdot Q_n}. \quad (10.5)$$

где  $\eta_e = 0,26 \dots 0,32$ -эффективный КПД двигателя;  $N_e$ -эффективная мощность двигателя, л. с. 1эфл.с.ч=75-3600=27- 10 кгм .

Технологические удельные энергозатраты

$$C_{ym} = C_{ye} \cdot \eta_m \quad (10.6)$$

где  $\eta_r$  - КПД трактора.

Полезные удельные энергозатраты

$$C_{yn} = C_{ym} \cdot \eta_m \quad (10.7)$$

где  $\eta_m$  -КПД агрегируемой машины.

## 10.4 Прямые эксплуатационные затраты

Прямые эксплуатационные затраты: заработная плата механизатора -  $C_{зп}$ ; расход материалов  $C_m$ ; на ТО и ТР машин  $C_{то/тр}$ ; вспомогательные  $C_v$  и амортизация  $C_a$ .

Тогда прямые эксплуатационные затраты на один час работы или гектар будут равны

$$C_{ч} = C_{зп} + C_m + C_{то/тр} + C_v + C_a, \quad (10.8)$$

Прямые эффективные затраты на одну лошадиную силу в час будут равны

$$C_{э} = C_{ч} / N_e \cdot \text{руб./л.с.ч.} \quad (10.9)$$

Прямые затраты на единицу площади

$$C_{за} = C_{ч} / W_q \cdot \text{руб./га} \quad (10.10)$$

Пути снижения прямых затрат являются : повышение мощности энергетических машин, их КПД , использование времени смены, снижение затрат на техническое обслуживание, ремонт, эксплуатационные материалы и вспомогательные процессы.

## 11 ВЫБОР СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПАРКА МАШИН

### 11.1 Методы выбора структуры и состава парка машин

В сельскохозяйственном производстве применяются следующие методы:

#### 1. Логический метод.

Основан на составлении заявок на приобретение той или иной техники по мере её списания. Этот метод является простым, но имеет, следующие недостатки: а) нет действи-

тельной связи между объемом выполняемых работ и поступающей техникой; б) он не базируется на научно обоснованных показателях использования, обслуживания и управления; в) не учитывает качественные показатели.

## **2. Аналитический метод.**

Основан на определении потребного количества машин по напряжённому периоду их использования. Недостатком этого метода является то, что в ненапряжённый период появляется излишняя техника, которая простаивает.

## **3. Нормативный метод.**

Он базируется на основе зональных нормативов энерго-машино-вооружённости к обеспеченности 4-го рабочего, а также на 100 или 1000 гектаров пашни. Недостатком этого метода является затруднение пользованием многочисленными существующими коэффициентами перевода.

## **4. Метод программирования и моделирования МТП с применением электронно-вычислительных машин (ЭВМ).**

Основан на составлении расчетных программ с учётом всевозможных факторов. Обозначают входные параметры и устанавливают различные ограничения и получают те или иные машины, необходимые предприятию. Недостатком этого метода является сложность нахождения и определения предельных границ исследуемых факторов.

## **5. Статистический метод.**

Расчёт машинно-тракторного парка ведётся по данным статистики, по данным наблюдений по хозяйствам - прототипам.

## **6. Графоаналитический метод.**

Этот метод основан на построении графиков загрузки отдельных марок машин. Определяется количество машин, сроки выполнения операций, производится корректировка с

учётом коэффициента технической готовности. Строится интегральная кривая расхода топлива. Этот метод наиболее совершенен и доступен для определения структуры и состава машинно-тракторного парка.

## 11.2 Основные критерии для выбора парка машин

**1. Эффективность.** Коэффициент энергетических возможностей отдельной машины. Он равен

$$\eta_{ув} = \frac{Q_{\phi}}{Q_{max}}, \quad (11.1)$$

где  $Q_{max} = G_T^{max} t_{см} n_{см}$  - максимально возможный расход топлива, кг;  $G_T$ - максимальный часовой расход топлива, кг/ч;  $t_{см}$ - время смены, ч;  $n_{см}$ -количество смен.

**2.Экономичность.** Коэффициент экономичности процесса равен

$$\eta_{эн} = \frac{C_y^n}{C_y^ф}, \quad (11.2)$$

где  $C_y^n$  и  $C_y^ф$  - удельные нормативные и фактические затраты средств, руб/ч.

**3. Обслуживаемость.** Коэффициент совершенства обслуживания парка машин

$$\eta_{со} = \frac{\Sigma C_n}{C_{\phi}}, \quad (11.3)$$

где  $C_n$  и  $C_{\phi}$  - нормативные и фактические затраты средств парка машин, руб/ч

**4. Управляемость.** Она характеризуется развитием и степенью внедрения средств связи и диспетчерской службы.

**5. Качество работ.** Коэффициент качества работ  $\gamma$  к,

$$\gamma = \Pi_n / \Pi_{\phi}, \quad (11.4)$$

где  $\Pi_n$  и  $\Pi_f$  - величина нормативной и фактической величины изменяемого параметра в зависимости от процесса.

**6. Производительность.** Коэффициент эксплуатации, который равен

$$E = \eta_m \cdot \tau, \quad (11.5)$$

где  $\eta_r$  - КПД трактора,;  $\tau = T_p/T_{CM}$  - коэффициент использования времени смены.

При выборе структуры и состава МТП необходимо учитывать следующие факторы :

1. Зональность.
2. Размеры и направление хозяйства.
3. Тенденцию к снижению марочности машин.
4. Вытеснение и замена старых машин более новыми, более производительными и прогрессивными.
5. Финансовые возможности с/х предприятия.
6. Реальные возможности промышленности и заводов-изготовителей.

Кроме того при выборе структуры и состава машинно-тракторного парка необходимо исходить из необходимости выполнять всё разнообразие технологических процессов наименьшим возможным количеством машин различных марок и конструкций. Это уменьшит расходы на приобретение машин, упростит и удешевит техническое обслуживание машинно-тракторного парка.

## **II ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1  
АНАЛИЗ СВОЙСТВ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ  
АГРЕГАТОВ

Цель работы: Научить обучающихся характеризовать свойства машинно – тракторных агрегатов.

ЗАДАНИЕ

1. Оцените средства труда (агрегаты) по их эффективности, т.е.
2. Постройте график – энергетический баланс агрегатов.
3. Сделайте вывод об эффективности агрегатов.
4. Наметьте пути повышения эффективности агрегатов.

Таблица 1.1 Варианты заданий

№	Марка трактора	Марка с/х машины	Процесс	Примечание (состав агрегата)
1.	К – 701	ППН-8-35	вспашка $\alpha = 20...22\text{см}$	
2.	Т – 150К	СЗ-3,6	посев зерновых	СП-16+4СЗ-3,6
3.	МТЗ – 80/82	КПС-4,0	культивация	

Методические указания по выполнению  
работы

Построить график зависимости удельного сопротивления обрабатываемого материала  $K_o$  и погектарным расход топлива.

В выводах отразить:

1. На каких работах и с какими машинами рационально использовать сельхозмашину?
2. Что нужно сделать для совершенствования процесса?

5. Сделать вывод по работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ АГРЕГАТА

Цель работы: 1. Научиться самостоятельно анализировать характеристики двигателей тракторов.

2. Овладеть методами построения тяговой характеристики для подробного ознакомления с тяговыми свойствами агрегатов.

### Содержание задания

1. Для марки трактора определить показатели и построить регуляторной характеристики.

2. Рассчитать показатели тяговой характеристики на заданном почвенном фоне для 3...4 – х передач трактора согласно задания.

3. Определить значения тяговых к.п.д. при различных нагрузочных режимах.

Последовательность построения диаграммы.

1. Построить регуляторную характеристику в масштабе.

Из т.1 провести горизонталь до пересечения с линией номинального крюкового усилия (т. 2). Точку 2 соединить с точкой  $O_1$ . Получить графическое изображение касательной силы  $P_k^1$ . Из точки 3 провести горизонталь до пересечения с линией крутящего момента двигателя ( $M_g$ ).

Из полученной точки 4 провести вертикаль и на ней отложить в масштабе теоретическую скорость  $V_T$ . Полученную

точку 5 соединить с точкой  $O_2$ . из точки 3 провести горизонталь до оси ординат (т. 6). На линии крюкового усилия отложить в масштабе рабочую скорость (т. 7). На вертикальной линии перегрузочного режима откладывают рабочую скорость с учетом снижения чистоты вращения (точка 8). Полученные точки 6,7,8 соединить.

На вертикальной линии номинального крюкового усилия в масштабе отложить крюковую мощность  $N'_{кр}$  (т. 9). Также отложить крюковую мощность на линии перезагрузки (т 10). Полученные точки 0, 9, 10 соединить. Аналогично построить подобные графические зависимости для остальных передач. Полученные точки 9,11,12 соединить плавной кривой, которая характеризует тягового КПД ( $\eta_T$ ).

По величине тягового КПД определить наиболее эффективную передачу для выполнения технического процесса для выбранного агрегата.

10. Полный КПД трактора определяется в зависимости тягового усилия.(диаграмма ( $\eta_T$ ) строится во 2 четверти)

11. Значение часового расхода топлива в зависимости от крюковой силы по передачам находится графическим способом (см. пример построения на рис. 2.1).

12. Полученные данные занести в таблицу.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 КОМПЛЕКТОВАНИЕ МАШИННО – ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Цель работы: 1. Научиться определять состав агрегата для конкретных условий его работы.

2. Приобрести навыки в определении и анализе основных технико – экономических показателей агрегата.

Содержание задания.

Согласно варианту рассчитать состав агрегата и определить показатели его загрузки.

Привести схему агрегата с указанием его размеров, выбрать способ движения. Определить показатели кинематики.

Провести оценку комплектования агрегатов.

Все данные свести в таблицу

Вычертить схему агрегата и определить основные его размеры

Вычертить способ движения агрегата, вычертить схему движения и элементы обрабатываемого участка

Определить оптимальную ширину загонов  $C_{opt}$

4. Сделать выводы по работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АГРЕГАТА

Цель работы: научиться определять и анализировать уровень производительности машин

### ЗАДАНИЕ

1. Проанализировать баланс времени смены  $\tau$ .
2. Определить эксплуатационную производительность агрегата.
3. Проанализировать взаимосвязь производительности с энергозатратами.
4. Оценить использование агрегата

Данные для расчётов принять из работы №3.  
Сделать выводы по работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ВЫБОР СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПАРКА МАШИН

Цель работы: Научиться выбирать структуру и состав машино-тракторного парка.

### Методические указания к работе

Составить технологическую карту на производство определённого продукта труда. По сводной технологической карте определяется структура парка машин (марки машин) и состав его (количество машин той или иной марки). Построить график машиноиспользования. Определить расчётное значение количества тракторов по графику, которые постоянно заняты на выполнение данного объёма работ, а затем рассчитать фактическое значение количества тракторов с учетом коэффициента технической готовности ( $\eta_{мг}$ ) который равен 0,85. Оценить выбранный парк машин.  
Сделать выводы по работе.

### **III ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ**

## **Вопросы по разделу «Эксплуатация машинно-тракторного парка»**

1. Охарактеризуйте общие положения о процессе.
2. Охарактеризуйте классификацию процессов.
3. Назовите показатели для оценки процессов.
4. Назовите условия работы машин в сельском хозяйстве.
5. Назовите основные, термины и определения.
6. Охарактеризуйте особенности развития машинного агрегата.
7. Назовите понятие машинного агрегата.
8. Назовите классификацию агрегатов.
9. Выведите уравнение движения агрегата.
10. Определите движущую силу агрегата.
11. Определите сопротивление агрегата.
12. Определите скорость движения агрегата.
13. Выведите тяговый баланс агрегата и его составляющие.
14. Представьте график тягового баланса.
15. Представьте рабочий баланс агрегата и его составляющие.
16. Изобразите график рабочего баланса ступенчатой трансмиссии.
17. Изобразите график рабочего баланса бесступенчатой трансмиссии.
18. Назовите показатели тяговой характеристики.
19. Определите оценку тяговых свойств агрегата.
20. Представьте неустановившийся режим работы агрегата.
21. Рассчитайте коэффициент полезного действия при последовательной передаче энергии.
22. Рассчитайте коэффициент полезного действия при параллельной передаче энергии.

23. Рассчитайте коэффициент полезного действия при смешанной передаче энергии.
24. Рассчитайте коэффициент полезного действия тягово-приводного агрегата.
25. Рассчитайте радиус поворота агрегата.
26. Покажите виды поворотов.
27. Покажите способы движения агрегата.
28. Назовите показатели для оценки кинематики агрегата.
29. Покажите схему подготовки поля.
30. Рассчитайте длину холостого хода при повороте агрегата на  $180^{\circ}\text{C}$ .
31. Назовите задачи и требования к комплектованию агрегата.
32. Назовите способы соединения машин в агрегате.
33. Приведите методику расчёта состава тягового агрегата.
34. Приведите показатели для оценки комплектования агрегата.
35. Назовите виды производительности.
36. Рассчитайте производительность агрегата по конструктивным параметрам.
37. Рассчитайте производительность агрегата по энергетическим показателям.
38. Изобразите баланс производительности.
39. Покажите взаимосвязь производительности с энергозатратами.
40. Определите потери производительности.
41. Назовите пути повышения производительности.
42. Представьте существующую систему учёта и оценки работы машин.
43. Представьте рекомендуемую систему учёта и оценки работы машин.

44. Представьте систему, измерительных приборов при исследованиях.
45. Представьте систему учётно-отчётной документации.
46. Поясните затраты труда на выполнение производственных процессов.
47. Рассчитайте расход топлива на единицу выполненной работы.
48. Рассчитайте удельные энергозатраты на выполнение производственных процессов.
49. Рассчитайте прямые эксплуатационные затраты.
50. Поясните методы выбора структуры и состава парка машин.
51. Назовите основные критерии для выбора парка машин.
52. Поясните графоаналитический метод выбора структуры и состава парка машин.
53. Поясните методику построения интегральной кривой расхода топлива.
54. Поясните методику определения сроков выполнения, количества технических обслуживаний и текущих ремонтов на графике машиноиспользования.
55. Поясните взаимосвязь производительности с параметрами агрегата.
56. Назовите основные показатели для оценки режимов работы машин.
57. Поясните сущность поточно-циклового метода организации машиноиспользования.
58. Напишите об организации использования машин поточно-цикловым методом.
59. Поясните основные положения технологии механизированных с/х процессов.
60. Изобразите операционно-технологическую карту.

61. Опишите структуру операционной технологии механизированных работ.
62. Опишите операционную технологию внесения минеральных удобрений.
63. Опишите операционную технологию внесения органических удобрений.
64. Опишите операционную технологию внесения жидких удобрений.
65. Опишите операционную технологию вспашки.
66. Опишите операционную технологию снегозадержания.
67. Опишите операционную технологию сплошной культивации.
68. Назовите основные критерии выбора машин для выполнения операций.
69. Опишите операционную технологию посева зерновых культур.
70. Охарактеризуйте уборочно-транспортный комплекс.
71. Опишите операционную технологию посадки картофеля.
72. Охарактеризуйте комплекс для заготовки сена и сенажа.
73. Охарактеризуйте комплекс для заготовки силоса.
74. Опишите операционную технологию посева сахарной свёклы.
75. Опишите операционную технологию уборки свеклы.
76. Опишите операционную технологию уборки картофеля.
77. Опишите операционную технологию подбора и обмола валков.
78. Опишите операционную технологию междурядной обработки подсолнечника.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Учебная литература* Основная

1. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] : допущено Мин. с.-х. РФ в качестве учебника для студентов вузов / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. - М. : КолосС, 2005. - 320 с.

2. Карабаницкий, А. П. Теоретические основы производственной **эксплуатации** МТП [Текст] : допущено Министерством сельского хозяйства РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агроинженерным и агрономическим специальностям / А.П. Карабаницкий, Е.А. Кочкин. - М. : КолосС, 2009. - 95 с.

3. Кухмазов, К. З. Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка и эксплуатация технологического оборудования [Текст] : учебное пособие по практическим и лабораторным работам для студентов, обучающихся по специальности 311200 / К.З. Кухмазов, И.М. Зябиров, В.П. Терюшков. - Пенза : Пензенская ГСХА, 2004. - 153 с.

4. Полканов И.П. Теория и расчет машинно - тракторных агрегатов. - М., 1963. - 230 с.

### Дополнительная

1. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства [Текст] : учебник / В.А. Воробьев, В.В. Калинин, Ю.Л. Колчинский и др. - М. : КолосС, 2004. - 541 с.

2. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст] : допущен Министерством сельского хозяйства

РФ в качестве учебного пособия для студентов сельскохозяйственных высших заведений, обучающихся по агроинженерным специальностям / Под ред. Ю.Н.Блынского. - Новосибирск : Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2008. - 263 с..

3. Холманов В.М. Эксплуатация машинно -тракторного парка,ч.1. - Ульяновск, 1998. - 145 с.

### *Методические разработки*

1. Сафаров К.У., Холманов В.М. Методика оценки самостоятельных работ студентов. В кн. Совершенствование и оптимизация преподавание дисциплин. - Ульяновск, 1998, с. 29...30.

2. Холманов В.М. Оценка индивидуальной работы студентов. Совершенствование и оптимизация преподавания дисциплин. -Ульяновск, 1998. - с.28.

3. Салхутдинов И.Р. Перспективные технологии технического обслуживания автомобилей /И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, А.Л. Хохлов. – Ульяновск, 2015. – 155 с.

3. Сафаров К.У., Холманов В.М., Малов Е.Н. и др. Методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Эксплуатация МТП". (Цикл 2) (Контроль качества полевых работ). - Ульяновск, 1991. - с. 22 .

4. Холманов В.М., Глущенко А.А., Эксплуатация машинно-тракторного парка. Учебно-методический комплекс. – Ульяновск, 2015. - 384 С.

**ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**I ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС**

# 1 НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО

## 1.1 Нефть

Нефть (через тур. *neft*, от перс. нефт; восходит к аккадскому *napatum* - вспыхивать, воспламенять а. *oil*, *crude oil*, *petroleum*) - горючая маслянистая жидкость со специфическим запахом, распространённая в осадочной оболочке Земли, являющаяся важнейшим полезным ископаемым. Образуется вместе с газообразными углеводородами обычно на глубине более 1,2...2 км. Вблизи земной поверхности нефть преобразуется в густую мальту, полутвёрдый асфальт и др. Нефть в залежах в различной степени насыщена газом, в основном лёгкими углеводород.

Нефть - сложное природное образование, состоящее из углеводородов (метановых, нафтеновых и ароматических) и неуглеводородных компонентов (в основном кислородных, сернистых и азотистых соединений). Элементный состав нефти: С 82,5...87%; Н 11,5...14,5%; О 0,05...0,35, редко до 0,7%; S 0,001...5,5, редко свыше 8%; N 0,02...1,8%. Около 1/3 всей добываемой в мире нефти содержит свыше 1% S. Химический состав нефти различных месторождений колеблется в широких пределах. и говорить о её среднем составе можно только условно (рис.). Бензиновые и керосиновые фракции большинства нефтей РФ характеризуются значительным содержанием алканов (свыше 50 %), иногда преобладают нафтены (50...75 %). Содержание ароматических углеводородов в бензиновых и керосиновых фракциях большинства нефтей от 3 до 15 % и от 16 до 27 % соответственно. Масляные дистилляты значительно различаются по углеводородному составу. Часто нефти характеризуются значи-

тельным содержанием твёрдых углеводородов нормального строения - парафинов. Кислородные соединения присутствуют в виде нефтяных кислот, асфальтенов и смол, содержащих свыше 90 % находящегося в нефти кислорода. Сернистые соединения нефти - сероводород, меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, тиофаны, а также полициклические сернистые соединения разнообразной структуры. Азотистые соединения - в основном гомологи пиридина, гидропиридина и гидрохинолина. Компонентами нефти являются также газы, растворённые в ней (от 30 до 300 м<sup>3</sup> на 1 т нефти), вода и минеральные соли. Содержание золы (минеральных веществ) не превышает десятых долей процента. Максимальные концентрации металлов в нефти не превышают сотых долей процента: V - 0,015 %; Ni - 0,005 %; Cu - 0,0001 %; Co - 0,00004 %; Mo - 0,00044 %; Cr - 0,00018 %.

Цвет нефти варьирует от светло-коричневого до тёмно-бурого и чёрного; плотность от 800 до 980-1050 кг/м<sup>3</sup> (плотность менее 800 кг/м<sup>3</sup> имеют газовые конденсаты). По плотности нефти делятся на 3 группы; на долю лёгких нефтей (с плотностью до 870 кг/м<sup>3</sup>) в общемировой добыче приходится около 60 % (в РФ – 66 %); на долю средних нефтей (871-910 кг/м<sup>3</sup>) в РФ - около 28 %, за рубежом – 31 %; на долю тяжёлых (свыше 910 кг/м<sup>3</sup>) - соответственно около 6 % и 10 %.

Температура начала кипения нефти выше 28°C. Температура застывания колеблется от +26 до -60 °C и зависит от содержания парафина, удельная теплоёмкость нефти 1,7-2,1 кДж, уд. теплота сгорания 43,7...46,2 МДж/кг, диэлектрическая проницаемость 2-2,5, электрическая проводимость  $2 \cdot 10^{-10}$ - $0,3 \cdot 10^{-18}$  Ом<sup>-1</sup>•см<sup>-1</sup>. Вязкость изменяется в широких пределах (при 50°C 1,2-55•10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с) и зависит от химического и фракционного состава нефти и смолистости (содержания

в ней асфальтеново-смолистых веществ). Температура вспышки колеблется от 35 до 120°C в зависимости от фракционного состава и давления насыщенных паров. Нефть растворима в органических растворителях, в воде при обычных условиях практически нерастворима (может образовывать с ней стойкие эмульсии).

## 1.2 Синтетическая нефть

В качестве продуктивных технологий производства синтетической нефти, которые уже прошли частичную или полную промышленную апробацию, можно выделить следующие: производство синтетической нефти из экстра-тяжелого нефтяного сырья, технологии, основанные на химическом процессе Фишера-Тропша — «газ в жидкость», «уголь в жидкость», «биомасса в жидкость».

Под понятием синтетической нефти (СН), применяемой в канадской терминологии перегонки нефтяного песка в товарный сорт нефти, подразумевается облегченная, маловязкая, без недистиллируемых остатков нефть, полученная в результате облагораживания тяжелой нефти, из которой выделены тяжелые остатки. Также в канадской терминологии имеется понятие полусинтетической нефти (ПСН), ПСН - маловязкая, облегченная, с недистиллируемыми остатками, производство исключает фазу выделения тяжелых остатков. Позднее термин синтетической нефти стал применяться относительно продуктов переработки газа, угля и биомассы в технологиях.

При производстве синтетической нефти нужно обеспечивать основные показатели качества близкие к показателям высококачественной товарной нефти, в частности в синтетической нефти помимо низкой плотности и серосодержа-

ния важно содержание дистиллируемых фракций, которые также будут обеспечивать нефтепродукту коммерческий потенциал.

Таблица 1 - Показатели качества нефти маркерного сорта и синтетической нефти, полученной в результате перегонки тяжелых сортов нефти

Наименование	Единицы измерения	ПСН	СН	Brent
Плотность	API	$\leq 27$	$\geq 47$	$\leq 38$
	г/м <sup>3</sup>	$\geq 0,890$	$\leq 0,870$	$\leq 0,830$
Содержание фракций	НК-180 <sup>0</sup> С,	0-30	18-25	38
	180-360 <sup>0</sup> С, %	10-20	35-50	30
	350-500 <sup>0</sup> С,	15-25	20-45	20
	более 500 <sup>0</sup> С, %	30-45	0	12
Содержание S	%	$\leq 3$	$\leq 0,9$	$\leq 0,3$

Синтетическая нефть — это высококачественные нефтепродукты премиум-класса. Такая нефть требует минимальной переработки и максимально приближена по свойствам маркерных сортов, а часто и превосходит их. В России на сегодняшний день включают месторождения легких и среднетяжелых сортов нефти, также имеются месторождения тяжелых сортов. В общем, на территории РФ находится 71,23% нефти высокого качества, а 28,77 % - нефти низкого качества, преимущественно тяжелой и высокосернистой.

### 1.3 Переработка нефти

Процесс переработки нефти можно разделить на 3 основных этапа:

1. Разделение нефтяного сырья на фракции, различающиеся по интервалам температур кипения (*первичная пе-*

*реработка*);

2. Переработка полученных фракций путем химических превращений содержащихся в них углеводородов и выработка компонентов товарных нефтепродуктов (*вторичная переработка*);

3. Смешение компонентов с вовлечением, при необходимости, различных присадок, с получением товарных нефтепродуктов с заданными показателями качества (*товарное производство*).

Продукцией НПЗ являются моторные и котельные топлива, сжиженные газы, различные виды сырья для нефтехимических производств, а также, в зависимости от технологической схемы предприятия - смазочные, гидравлические и иные масла, битумы, нефтяные коксы, парафины. Исходя из набора технологических процессов, на НПЗ может быть получено от 5 до более, чем 40 позиций товарных нефтепродуктов.

## **2 ТОПЛИВА**

### **2.1 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТОПЛИВА**

#### **2.1.1 Автомобильные бензины**

**Бензiн** - горючая смесь лёгких углеводородов с температурой кипения от 33 до 205 °С (в зависимости от примесей). Плотность около 0,71 г/см<sup>3</sup>. Теплотворная способность примерно 10 200 ккал/кг (46 МДж/кг, 34,5 МДж/литр). Температура замерзания -72 °С в случае использования специальных присадок.

В России автомобильные бензины выпускаются по ГОСТ 2084-77, ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51866-2002.

Автомобильные бензины подразделяются на летние и зимние (в зимних бензинах содержится больше низкокипящих углеводородов).

Основные марки автомобильных бензинов ГОСТ Р 51105-97:

**Нормаль-80** — с октановым числом по исследовательскому методу не менее 80;

**Регуляр-92** — с октановым числом по исследовательскому методу не менее 92;

**Премиум-95** — с октановым числом по исследовательскому методу не менее 95;

**Супер-98** — с октановым числом по исследовательскому методу не менее 98

#### **Маркировка автомобильных бензинов**

В соответствии с ГОСТ Р 54283-2010, автомобильные бензины маркируются тремя группами знаков, разделёнными дефисом (например, «АИ-92-4»):

- буквы «АИ» (бензин автомобильный с октановым числом установленным по исследовательскому методу), если указана только буква "А", то октановое число установлено по моторному методу;

- октановое число, измеренное исследовательским методом (например, 80, 92, 95 или 98);

- число 2, 3, 4 или 5 - класс бензина по; число совпадает с номером экологического стандарта серии «Евро», которому должен соответствовать бензин (2 для Евро-2, 3 для Евро-3 и т. д.).

Пример. Марка «АИ-92-4» расшифровывается как бензин автомобильный с октановым числом 92, измеренным исследовательским методом, соответствующий четвёртому экологическому классу (стандарту Евро-4). Поскольку с 2003 года в России официально прекращено производство этили-

рованного бензина, то все бензины считаются неэтилированными, и данный факт в маркировке никак не отображается. В ряде стран для маркировки бензина принят показатель "Антидетонационный индекс" (АДИ). Он представляет собой среднеарифметическое значение исследовательского ОЧ и моторного ОЧ. Например:

$$87 = \frac{92(\text{ИОЧ}) + 82(\text{МОЧ})}{2}.$$

В Америке на АЗС и инструкциях, прилагаемых к автомобилю при поставках в США, Канаду и Мексику, принято обозначение АДИ, в Европе - ИОЧ.

### **Требования, предъявляемые к качеству топлива**

При применении и хранении к автомобильным бензинам предъявляются следующие требования.

*Высокие энергетические* и термодинамические характеристики продуктов сгорания. При горении бензина должно выделяться максимальное количество тепла, продукты сгорания должны иметь малую молекулярную массу, небольшие теплоёмкость и теплопроводность, высокое значение произведения удельной газовой постоянной на температуру горения (RT).

*Хорошая прокачиваемость.* Бензины должны надёжно прокачиваться по топливной системе машин, трубопроводам, насосам, системам регулирования и другим агрегатам и коммуникациям при любых условиях окружающей среды – низкой и высокой температурах, различных давлениях, запылённости и влажности.

*Оптимальная испаряемость.* В условиях хранения и транспортирования испарение должно быть минимальным. При применении в двигателе бензина должны иметь такую испаряемость, чтобы обеспечить надёжное воспламенение и горение топлива с оптимальной скоростью в камерах сгора-

ния двигателей.

*Минимальная коррозионная активность.* Топлива не должны содержать компоненты, которые разрушают конструкционные материалы двигателя, средства хранения и транспортирования.

*Высокая стабильность в условиях хранения и применения.* Топлива в течение длительного времени не должны изменять физико-химические и эксплуатационные свойства.

*Нетоксичность.* Продукты сгорания также должны быть нетоксичными.

### **Свойства автомобильных бензинов**

Основными показателями бензина являются детонационная стойкость, давление насыщенных паров, фракционный состав, химическая стабильность и др. Ужесточение в последние годы экологических требований к качеству нефтяных топлив ограничило содержание в бензинах ароматических углеводородов и сернистых соединений.

**Детонационная стойкость.** Детонация возникает в том случае, если скорость распространения пламени в двигателе достигает 1500...2500 м/с, вместо 20...30 м/с. В результате резкого перепада давления возникает детонационная волна, которая нарушает режим работы двигателя, что приводит к перерасходу топлива, уменьшению мощности, перегреву двигателя, к прогару поршней и выхлопных клапанов. Внешние признаки детонации начинают проявляться когда детонирует около 5 % смеси.

**Октановое число (ОЧ).** ОЧ – условный показатель, характеризующий стойкость бензинов к детонации и численно соответствующий детонационной стойкости модельной смеси изооктана и н-гептана. ОЧ изооктана принято за 100 пунктов, а н-гептана – за 0. Для автомобильных бензинов (кроме А-76) ОЧ измеряется двумя методами: моторным и

исследовательским. Октановое число определяется на специальных установках путём сравнения характеристик горения испытуемого топлива и эталонных смесей изооктана с н-гептаном. Испытания проводят в двух режимах: жёстком (частота вращения коленчатого вала  $900 \text{ мин}^{-1}$ , температура всасываемой смеси  $149 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , переменный угол опережения зажигания) и мягком ( $600 \text{ мин}^{-1}$ , температура всасываемого воздуха  $52 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , угол опережения зажигания  $13 \text{ }^{\circ}$ ). Получают соответственно моторное (ОЧМ) и исследовательское ОЧ (ОЧИ). Разности между ОЧМ и ОЧИ называется чувствительностью и характеризует степень пригодности бензина к разным условиям работы двигателя.

**Фракционный состав (ФС).** ФС бензинов характеризует испаряемость топлива, от которой зависит запуск двигателя, распределение топлива по цилиндрам двигателя, полнота сгорания, экономичность двигателя. Испаряемость определяется температурой перегонки 10, 50 и 90 % (об.) выкипания фракций бензина. Температура выкипания 10 % бензина характеризует пусковые свойства. Температура выкипания 50 % характеризует скорость перехода двигателя с одного режима работы на другой и равномерность распределения бензиновых фракций по цилиндрам. Температура выкипания 90 % фракций и конца кипения влияют на полноту сгорания топлива и его расход, а также на нагарообразование в камере сгорания в цилиндре двигателя.

**Давление насыщенных паров (ДНП).** ДНП даёт дополнительное представление об испаряемости бензина, а также о возможности образования газовых пробок в системе питания двигателя. Чем выше давление насыщенных паров бензина, тем выше его испаряемость. По ФС бензина рассчитывают индекс испаряемости.

**Химическая стабильность (ХС).** В процессе хране-

ния, транспортирования и применения бензинов возможны изменения в их химическом составе, обусловленные реакциями окисления и полимеризации. Окисление приводит к понижению октанового числа бензинов и повышению его склонности к нагарообразованию. Для оценки ХС используют показатели содержания фактических смол, индукционного периода окисления.

**Содержание сернистых и ароматических соединений.** Активные сернистые соединения, содержащиеся в бензинах, вызывают сильную коррозию топливной системы и транспортных емкостей; полнота очистки бензинов от этих веществ контролируется анализом на медной пластинке. Неактивные сернистые соединения коррозию не вызывают, но образующиеся при их сгорании газы вызывают быстрый абразивный износ деталей двигателя, снижают мощность, ухудшают экологическую обстановку.

### **Классификация автомобильных бензинов**

**Классификация по испаряемости.** В зависимости от климатического района применения автомобильные бензины подразделяют на пять классов (табл. 1.1). Наряду с определением температуры перегонки при заданном объеме предусмотрено и определение объема испарившегося бензина при заданной температуре. Введён также показатель «индекс испаряемости» (ИИ). ИИ бензина характеризует испаряемость бензина и его склонность к образованию паровых пробок при определённом сочетании давления насыщенных паров и объема испарившегося бензина при температуре 70 °С. ИИ рассчитывают по формуле:

$$ИИ = 10 \cdot ДНП + 7 \cdot V_{70},$$

где  $ДНП$  – давление насыщенных паров, кПа;  $V_{70}$  – объем испарившегося бензина при температуре 70 °С, %.

Таблица 1.1 Классификация автомобильных бензинов по испаряемости

Показатель	Класс				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров, кПа	35-70	45-80	55-90	60-95	80-100
Фракционный состав:					
начало кипения, °С, не ниже	35	35	не нормируется		
10 %, °С, не выше	75	70	65	60	55
50 %, °С, не выше	120	115	110	105	100
90 %, °С, не выше	190	185	180	170	160
конец кипения, °С, не выше	215	215	215	215	215
Количество испарившегося бензина, % (об.) при 70 °С	10-45	15-45	15-47	15-50	15-50
Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300

**Классификация по фракционному составу.** В зависимости от фракционного состава автомобильные бензины разделяют на зимние и летние: для зимнего все температуры выкипания ниже, чем для летнего.

**Классификация по октановому числу.** В зависимости от октанового числа по исследовательскому методу устанавливают четыре марки бензинов: «Нормаль-80», «Регуляр-92», «Премиум-95» и «Супер-98» (табл. 1.2). Бензин «Нормаль-80» предназначен для грузовых автомобилей наряду с бензином АИ-80. Бензин «Регуляр-92» предназначены для эксплуатации автомобилей вместо этилированного А-93. Автомобильные бензины «Премиум-95» и «Супер-98» полностью отвечают европейским требованиям и конкурентоспособны на нефтяном рынке и предназначены в основном для зарубежных автомобилей, эксплуатируемых в России.

Таблица 1.2 Классификация автомобильных бензинов по октановому числу

Метод исследования	Марки			
	"Нормаль-80"	"Регуляр-92"	"Премиум-95"	"Супер-98"
Октановое число, не менее:				
моторный метод	76,0	83,0	85,0	88,0
исследовательский	80,0	92,0	95,0	98,0

Все бензины, вырабатываемые по ГОСТ 2084–77, в зависимости от показателей испаряемости делят на летние и зимние. Зимние бензины предназначены для применения в северных и северо-восточных районах в течение всех сезонов и в остальных районах с 1 октября до 1 апреля. Летние - для применения во всех районах кроме северных и северо-восточных в период с 1 апреля по 1 октября; в южных районах допускается применять летний бензин в течение всех сезонов.

### 2.1.2 Дизельные топлива

В дизелях используют топливо, самовоспламеняющееся при повышении температуры от сжатия в камере сгорания. Поэтому в отличие от бензинов дизельное топливо должно иметь низкую температуру самовоспламенения, т.е. низкокипящие углеводороды для дизелей непригодны.

Дизельное топливо (устар. соляр, разг. солярка, соляра) - жидкий продукт, использующийся как топливо в дизельном двигателе внутреннего сгорания. Обычно под этим термином понимают топливо, получающееся из керосиново-газойлевых фракций прямой перегонки нефти.

Название «солярка» происходит из немецкого Solaröl (солнечное масло) - так ещё в 1857 году называли более тя-

жёлую фракцию, образующуюся при перегонке нефти. Фракция названа так в связи с желтоватым цветом. Советская нефтеперерабатывающая промышленность выпускала продукт "Соляровое масло ГОСТ 1666-42 и ГОСТ 1666-51". Этот продукт был предназначен для применения в качестве топлива для среднеоборотных (600-1000 мин<sup>-1</sup>.) дизельных двигателей, широко использовался и в разговорной речи назывался "соляркой". Соляровое масло непригодно для применения в качестве топлива для быстроходных дизельных двигателей

Различают дистиллятное маловязкое - для быстроходных, и высоковязкое, остаточное, для тихоходных (тракторных, судовых, стационарных и др.) двигателей. Дистиллятное состоит из гидроочищенных керосино-газойлевых фракций прямой перегонки и до 1/5 из газойлей каткрекинга и коксования. Вязкое топливо для тихоходных двигателей является смесью мазутов с керосиново-газойлевыми фракциями. Теплота сгорания дизельного топлива в среднем составляет 42624 кДж/кг (10180 ккал/кг).

Дизельное топливо, применяемое для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники, а также предназначенное для экспорта, должно соответствовать требованиям, изложенным в межгосударственном стандарте ГОСТ 305-2013(EN 590:2009) (введенного взамен ГОСТ 305-82) и обязательного к применению с 1 января 2015 г.

#### **Классификация дизельного топлива.**

В СССР, а впоследствии и в России в соответствии с ГОСТ 305-82 дизельное топливо делилось на следующие марки:

- летнее - используется при температуре воздуха не ниже 0°C и имеет в своем обозначении кол-во серы и темпе-

ратуру вспышки, например, Л-0,2-40;

- зимнее - применяется при температурах не ниже -20°C и имеет в обозначении кол-во серы и температуру застывания, например, 3-0,05 (-25°C);

- арктическое - применяется до -50 °С, имеет в обозначении кол-во серы и температуру застывания, например, А-0,05 (-50 °С).

С 2005 г. в РФ действует новый государственный стандарт на дизельное топливо - ГОСТ Р 52368-2005. Он полностью соответствует спецификации EN 590. Согласно новому стандарту в дизельном топливе ограничивается содержание серы, а именно:

- вид I - содержание серы не более 350 мг/кг;
- вид II - содержание серы не более 50 мг/кг;
- вид III - содержание серы не более 10 мг/кг.

Новый ГОСТ рассматривает дизельное топливо отдельно в зависимости от климатических условий местности его использования. Для районов с умеренным климатом дизельное топливо разделяется по сортам, которые указывают на предельную температуру фильтруемости:

- Сорт А (+5 °С)
- Сорт В (0 °С)
- Сорт С (-5 °С)
- Сорт D (-10 °С)
- Сорт Е (-15 °С)
- Сорт F (-20 °С)

А для районов с холодным климатом дизельное топливо подразделяют на классы с предельной температурой фильтруемости:

- Класс 0 (-20 °С)
- Класс 1 (-26 °С)
- Класс 2 (-32 °С)

Класс 3 (-38 °С)

Класс 4 (-44 °С)

В 2011 г. в рамках Технического регламента Таможенного союза Белоруссии, Казахстана и России приняты новые обозначения марок дизельного топлива, которые включают следующие группы знаков, расположенных в определенной последовательности через дефис:

Первая группа: буквы

- ДТ - дизельное топливо для автомобильных дизельных двигателей.

Вторая группа: буквы, обозначающие климатические условия применения

- Л - летнее (температура фильтруемости не определяется);

- Е - межсезонное (-15 °С);

- З - зимнее (-20°С);

- А - арктическое (-38°С).

Третья группа: символы, обозначающие экологический класс дизельного топлива

- К2 - содержание серы не более 500 мг/кг;

- К3 - содержание серы не более 350 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид I);

- К4 - содержание серы не более 50 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид II);

- К5 - содержание серы менее 10 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид III).

Группа символов ДТ-З-К5 согласно ТР ТС 013/2011 обозначает дизельное топливо автомобильное зимнее экологического класса 5 (соответствует Евро-5).

В результате одновременного использования производителями и потребителями двух стандартов: ГОСТ Р 52368-2005 и ТР ТС 013/2011, - на рынке дизельного топлива

РФ произошло смешение понятий и обозначений. Поэтому одно и то же топливо можно найти под обозначением как Сорт F вид III (Евро-5), так и ДТ-3-К5. Многие российские производители указывают обе маркировки в паспортах качества.

С 1 июля 2014 года в России введен в действие ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное». Это топливо производится с применением современного метода каталитической депарафинизации. В соответствии с ГОСТом, дизельное топливо для районов с холодным климатом обозначается следующим образом:

ДТ-3-К3 (К4, К5) минус 32;  
ДТ-3-К3 (К4, К5) минус 38;  
ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 44;  
ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 48;  
ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 52.

При этом выпуск и использование дизельного топлива по ГОСТ Р 52368-2005 не ограничивается.

Как видно, при классификации дизтоплива используются 2 основных параметра топлива: содержание серы и температура помутнения. Между тем, дизельное топливо характеризуется большим количеством показателей, часть из которых приводится в паспортах качества на выпущенную партию топлива

#### Летнее ДТ Л-0.2-40 - summer diesel L-0.2-40

Летнее дизтопливо для автотракторных дизелей. Границы кипения от 180°C до 360°C. Температура застывания не выше минус 10°C, температура помутнения - 5°C, применение при температурах воздуха выше 0°C. Содержание серы не более 0,2 %. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 3 до 6 сСт. Температура вспышки в закрытом

тигле - не ниже +40°C;

Его аналог: - дизтопливо Л-0.5-40 - summer diesel L-0.5-40. Показатели те же, что у Л-0.2-40, но содержание серы - не более 0.5%.

#### Дизтопливо Л-0.2-62 - summer diesel L-0.2-62

Летнее дизтопливо для мало- и среднеоборотных тепловозных и судовых дизелей, имеет те же показатели, что Л-0.2-40, но температура вспышки в закрытом тигле - не ниже +62°C.

Его аналог:- дизтопливо Л-0.5-62 - summer diesel L-0.5-62. Показатели те же, что у Л-0.2-62, но содержание серы - не более 0.5%.

#### Арктический дизель А-0.2 - arctic diesel А-0.2

Арктическое дизтопливо. Границы кипения от 180°C до 330°C. Температура застывания - не выше - 55°C, применение возможно при температурах воздуха выше - 50°C. Содержание серы - не более 0,2 %. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 1,5 до 4 сСт. Температура вспышки в закрытом тигле для А-0.2, предназначенного для мало- и среднеоборотных тепловозных и судовых дизелей, не ниже +35°C, для автотракторных дизелей - не ниже +30°C. А-0.2 не может содержать более 0.01 меркаптановой серы.

Его аналоги: - дизтопливо А-0.4 - arctic diesel А-0.4. Показатели те же, что у А-0.2, но содержание серы - не более 0.4%;- дизтопливо арктическое экологически чистое - arctic diesel ecologically safe. Показатели те же, что у А-0.2, но содержание серы - не более 0.05% для топлива I вида и не более 0.1% - для топлива II вида.

#### Экологически чистое ДТ ДЛЭЧ - diesel (summer ecologically safe)

Дизтопливо летнее, экологически чистое. Границы кипения от 180°C до 360°C. Цетановое число не менее 53.

Температура застывания не выше минус 10°C, температура помутнения - - 5°C, применение ДЛЭЧ при температурах воздуха выше 0°C. Содержание серы не более 0.05% для топлива I вида и не более 0.1% для топлива II вида. Кинематическая вязкость при 20° может меняться от 3 до 6 сантистокс. Температура вспышки в закрытом тигле не ниже +65°C. Плотность при 20°C не более 0.845 г/см<sup>3</sup>.

Дизтопливо с присадкой ДЗп - winter diesel DZp

Дизтопливо зимнее с депрессорной присадкой. Изготавливается на базе летнего дизельного топлива Л-0.2-40 или Л-0.5-40, температура застывания которых снижена за счет добавления депрессорной присадки. Имеет границы кипения от 180°C до 360°C. Температура застывания не выше минус 35°C, температура помутнения минус 5°C, применение ДЗп возможно при температурах воздуха выше минус 15°C. Содержание серы не более 0.2% для топлива I вида и не более 0.5% для топлива II вида. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 3 до 6 сантистокс. Температура вспышки в закрытом тигле не ниже +40°C. Плотность при 20°C не более 0.86 г/см<sup>3</sup>.

Экспортное зимнее ДТ ДЗЭ - winter diesel (export grade)

Дизтопливо зимнее экспортное. Имеет границы кипения от 180°C до 360°C. Может содержать депрессорные присадки. Температура застывания - не выше минус 35°C, применение ДЗЭ возможно при температурах воздуха выше минус 30°C. Содержание серы - не более 0.2%. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 2.7 до 6 сантистокс. Температура вспышки в закрытом тигле - не ниже +60°C. Плотность при 20°C - не более 0.845 г/см<sup>3</sup>.

Экспортное летнее ДТ ДЛЭ - summer diesel (export grade)

Дизтопливо летнее экспортное. Имеет границы кипения от 180°C до 340°C. Температура застывания не выше минус 10°C, температура помутнения минус 5°C, применение ДЗЭ возможно при температурах воздуха выше 0°C. Содержание серы не более 0.2%. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 3 до 6 сантистокс. Температура вспышки в закрытом тигле не ниже +65°C. Плотность при 20°C не более 0.845 г/см<sup>3</sup>.

Зимний дизель 3-0.2 минус 35 - winter diesel Z-0.2 minus 35

Зимнее дизтопливо. Имеет границы кипения от 180°C до 340°C. Температура застывания не выше минус 35°C, температура помутнения минус 25°C, его применение возможно при температуре воздуха выше минус 20°C. Содержание серы не более 0.2%. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 1.8 до 5 сантистокс. Температура вспышки в закрытом тигле для 3-0.2, предназначенного для мало и среднеоборотных тепловозных и судовых дизелей, не ниже +40°C, для автотракторных дизелей не ниже +35°C.

Его аналоги: - дизтопливо 3-0.5 минус 35 - winter diesel Z-0.5 minus 35. Показатели те же, что у 3-0.2 минус 35, но содержание серы - не более 0.5%; - дизтопливо 3-0.2 минус 45 - winter diesel Z-0.2 minus 45. Показатели те же, что у 3-0.2 минус 35, но температура застывания не выше минус 45°C, температура помутнения — не выше 35°C и применение его возможно при температуре воздуха выше минус 30°C; - дизтопливо 3-0.5 минус 45 - winter diesel Z-0.5 minus 45. Показатели те же, что у 3-0.2 минус 45, но содержание серы - не более 0.5%.

Малосернистое дизтопливо №2 - low sulphur №2 oil

Производится и потребляется на рынке США. Содержание серы не выше 0.05%. Цетановое число в зависимости

от региона меняется от 40 до 45. Плотность при 20°C 0.87 г/см<sup>3</sup>. Температура вспышки в закрытом тигле не менее 54°C.

#### Дизельное топливо "ГОМ" - gasoil motuer

Французское зимнее дизтопливо. Цетановое число для автомобильного дизельного топлива равно 48, а для печного топлива с этим же названием - 40. Содержание серы - не более 0.3%.

#### Дизтопливо "Джапан-А" - gasoil Japan-A

В состав топлива входят газойли каталитического крекинга и гидрокрекинга. Содержание серы - до 0.5%. Температура помутнения - минус 5°C для летнего вида топлива и минус 10°C для зимнего вида. Цетановое число - не ниже 45.

Его аналог: - дизтопливо "Джапан-Б" - gasoil Japan-B.

В состав топлива входят только легкие газойли атмосферной перегонки. Содержание серы - до 0.5%. Температура помутнения - минус 5°C для летнего вида топлива и минус 10°C для зимнего вида. Цетановое число - не ниже 50.

#### ДТ "Сингапур регулар" - gasoil Singapore regular 0.5pct

Дизтопливо с содержанием серы 0.5% или 1%(gasoil Singapore regular 1.0pct) в зависимости от марки. Температура помутнения - от +6°C до +15°C. Кинематическая вязкость при 20°C может меняться от 1.8 до 5.5 сантистокс. Цетановое число равно 48. Плотность, как правило, равна 0.845 г/см<sup>3</sup>.

### **Основные эксплуатационные показатели дизельного топлива**

**Цетановое число.** Цетановое число — характеристика воспламеняемости дизельных топлив, определяющая период задержки воспламенения смеси (промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения). Чем выше цетановое число, тем меньше задержка и тем более спокойно и плавно горит топливная смесь.

Цетановое число численно равно объёмной доле цетана ( $C_{16}H_{34}$ , гексадекана), цетановое число которого принимается за 100, в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином (цетановое число которого, в свою очередь, равно 0).

Оптимальную работу стандартных двигателей обеспечивают дизельные топлива с цетановым числом 40...55. При цетановом числе меньше 40 резко возрастает задержка воспламенения (время между началом впрыска и воспламенением топлива) и скорость нарастания давления в камере сгорания, увеличивается износ двигателя. Стандартное топливо характеризуется цетановым числом 40...45, а топливо высшего качества (премиальное) имеет цетановое число 45...50. Согласно российским стандартам, цетановое число летнего и зимнего дизтоплива должно быть не менее 45 единиц. Кроме того, технические условия для зимних сортов с депрессорными присадками разрешают выпуск арктического топлива с цетановым числом не менее 40.

При цетановом числе больше 60 снижается полнота сгорания топлива, возрастает дымность выхлопных газов, повышается расход топлива.

В некоторой степени цетановое число зависит от группового состава топлива (доли парафинов, олефинов, нафтенов, ароматики). Парафины, способные к самовоспламенению при низких температурах, являются полезным компонентом дизельного топлива.

**Фракционный состав.** Характеристики фракционного состава дизельного топлива оценивают не только испаряемость топлива и качество смесеобразования, но и воспламеняемость, склонность к образованию отложений и др.

Облегчение фракционного состава, т. е. снижение температуры начала перегонки и 10 % выкипания, а также снижение температуры перегонки 96 %, кроме жесткой рабо-

ты двигателя затрудняет его пуск и прогрев из-за увеличения теплоты испарения топливовоздушной смеси, снижения температуры в камере сгорания и возрастания периода задержки воспламенения легких углеводородов по сравнению с тяжелыми [2].

Утяжеление фракционного состава, т. е. повышение температуры выкипания 90 % и 96 %, приводит к неполному испарению топлива в процессе смесеобразования, и снижению теплоты сгорания тяжелых углеводородов по сравнению с легкими, и ухудшению экономичности двигателя. Несгоревшие тяжелые фракции топлива, стекая по стенкам цилиндра, смывают масло и увеличивают износ цилиндропоршневой группы, а также вызывают разжижение масла в картере двигателя. Тяжелые фракции дизельного топлива положительно влияют на его воспламеняемость за счет снижения температуры самовоспламенения нестабильных тяжелых углеводородов.

Исходя из этого, перспективным решением топливной проблемы дизелизации автомобильного парка является использование единого дизельного топлива с температурой начала кипения 60-80°C и температурой перегонки 90% -360°C.

**Воспламеняемость дизельного топлива** характеризует его способность к самовоспламенению в камере сгорания. Это свойство в значительной мере определяет подготовительную фазу процесса сгорания - период задержки воспламенения, который, в свою очередь, складывается из времени, затрачиваемого на распад топливной струи на капли, частичное их испарение и смешение паров топлива с воздухом (физическая составляющая), а также времени, необходимого для завершения предпламенных реакций и формирование очагов самовоспламенения (химическая составляющая).

**Плотность и вязкость.** Весовая плотность (отношение массы топлива к его объему) дизельного топлива зависит от его фракционного состава и колеблется в пределах 820—890 кг/м<sup>3</sup> (0,82—0,89 г/см<sup>3</sup>). Плотность измеряют при температуре +20° С.

**Элементарный состав дизельного топлива.** В дизельном топливе содержится в среднем 85,5—86,0% углерода, 12,5—13% водорода и других элементов 1-2%.

**Вязкость дизельного топлива.** Вязкость является важным показателем качества дизельного топлива. Она влияет на качество распыливания и смесеобразования. Чем больше плотность дизельного топлива, тем больше его вязкость, тем более крупные капли топлива получаются при впрыске форсункой и тем больше дальнобойность струи. Прокачиваемость дизельного топлива ухудшается при низких температурах с увеличением вязкости.

**Низкотемпературные свойства.** При низких температурах высокоплавкие углеводороды, прежде всего нормальные парафины, кристаллизуются. По мере понижения температуры дизельное топливо проходит через три стадии; вначале мутнеет, затем достигает так называемого предела фильтруемости и, наконец, застывает. Связано это с тем, что сначала в топливе появляются разрозненные кристаллы, которые оседают на фильтрах и ухудшают подачу топлива. При дальнейшем охлаждении теряется подвижность нефтепродуктов вследствие образования из кристаллизующихся углеводородов каркаса.

Показатели, характеризующие начало кристаллизации углеводородов в топливе и потерю их подвижности, стандартизованы.

Температурой помутнения называют температуру, при которой дизтопливо теряет прозрачность в результате

выпадения кристаллов углеводородов и льда. Бесперебойная работа двигателя обеспечивается при температуре помутнения топлива на 5...10°C ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

Температурой застывания называют температуру, при которой дизельное топливо теряет подвижность, что определяют в стандартном приборе, наклоненном под углом 45° к горизонтали, в течение 1 мин. Дизель работает бесперебойно при температуре застывания топлива на 5...10 °C ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

На нефтеперерабатывающих заводах температуру помутнения и температуру застывания понижают удалением избытка высокоплавких углеводородов (депарафинизация).

Низкотемпературные свойства дизельного топлива могут быть улучшены путем добавления присадок-депрессаторов (присадка "А", АзНИИ-ЦИАТИМ-1, полиметакрилат "Д").

**Степень чистоты.** Чем более чистое дизельное топливо, тем качественнее и эффективнее работает двигатель. Эта характеристика дизельного топлива является очень важной. Для определения характеристики чистоты топлива используют коэффициент фильтруемости. Фильтруемость определяют соотношением времени, за которое топливо проходит через фильтр при определенном атмосферном давлении. В основном, фильтруемость дизтоплива зависит от содержания воды, механических примесей, смол и нефтяных кислот в дизельном топливе. Согласно ГОСТ 6370-83, если в дизельном топливе количество механических примесей не превышает 0,002-0,004 %, считается, что примесей в топливе нет.

**Содержание серы.** Дизельное топливо содержит сернистые соединения. Общее их количество зависит от нефти,

из которой вырабатывается топливо и степени очистки.

Во время работы двигателя, сернистые соединения вода, содержащиеся в топливе превращаются в кислотные окислы. Всё происходит по такой схеме:  $\text{SO}_2$  (диоксид серы)  $\rightarrow$   $\text{SO}_3$  (сернистый ангидрид)  $\rightarrow$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  (серная кислота).

В процессе расширения, серная кислота конденсируется на стенках цилиндров, образуя растворы серной кислоты. В картере сернистые соединения резко ухудшают качество смазочного масла. С увеличением содержания серы в топливе возрастает износ поршневых колец и зеркала втулки цилиндра. Интенсивность кислотной коррозии возрастает при нарушении режимов охлаждения цилиндров.

Окислы серы и несгоревшая сера образуют отложения на выпускных клапанах, ускоряя выход их из строя. Кроме того, использование дизельного топлива с высоким содержанием серы существенно снижает срок службы катализаторов и узлов выхлопной системы автомобиля.

Окислы серы в той или иной степени присутствуют в выхлопных газах. Вступая в реакцию с влагой из воздуха, они отравляют атмосферу. Отсюда заболевания, кислотные дожди и т.д.

Снижение содержания серы достигается за счет дополнительных этапов переработки нефти и влечет за собой значительное удорожание

### **2.1.3 Газовые топлива**

Газообразные топлива являются альтернативным видом энергоносителей по отношению к традиционным жидким топливам, получаемым из нефти. Физико-химические и эксплуатационные свойства газообразных топлив существенно отличаются от бензинов и дизельных топлив, что

влияет на конструкцию газовых систем питания и их эксплуатацию. Техническое обслуживание и ремонт газового оборудования, переоборудование, хранение ГБА и их заправка, подготовка ремонтных рабочих имеют существенные особенности.

К газообразным углеводородным топливам относятся:

- компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) (метан);
- газ сжиженный нефтяной (ГСН) (пропан-бутановая смесь).

Другие виды газообразных топлив - сжиженный природный газ (метан), биогаз (метан и другие составляющие), диметилэфир, водород - пока не нашли коммерческого применения.

Основными компонентами газообразных углеводородных топлив являются углеводородные газы - метан, пропан, бутан и ряд других. Эти газы могут храниться на автомобиле в сжиженном или газообразном агрегатном состоянии. Агрегатное состояние газа зависит от физико-химических свойств его компонентов, температуры и давления в баллоне.

От агрегатного состояния компонентов газообразного топлива зависят способы заправки и его хранения, существенно влияющие на конструкцию и эксплуатацию ГБА.

Все компоненты газообразных топлив при атмосферном давлении имеют температуру кипения ниже 0 °С. Однако если в емкости с газом повысить давление, то температура кипения газа существенно увеличится. Эти давления и температуры имеют пределы, называемые критическими. Очень низкие температуры кипения при атмосферном давлении (-161,5 °С) и критическая температура (-82 °С) метана делают технически сложными заправку и хранение метана в сжи-

женном состоянии, для чего используются изотермические баллоны с комплексной термоизоляцией. Поэтому в настоящее время большое распространение получил способ заправки и хранения метана на автомобилях в сжатом, или так называемом компримированном, состоянии под высоким давлением.

Пропан и бутан - основные компоненты ГСН - по сравнению с метаном имеют значительно более высокие температуры кипения при атмосферном давлении (- 42,5 и - 0,5 °С, соответственно) и критические температуры (+ 96,8 и + 152,9 °С, соответственно). Такие свойства позволяют хранить пропан и бутан в сжиженном состоянии в диапазоне эксплуатационных температур от - 40 до + 45 °С при относительно низком давлении (до 1,6 МПа).

Для метана доминирующим является давление заправки, которое по мере выработки газа из баллона уменьшается до предельного значения.

Для сжиженных газов давление в значительной степени зависит не от количества газа в баллоне, а от температуры. Так как каждый из компонентов имеет определенную температуру кипения, давление паровой фазы смеси сжиженных газов зависит как от температуры, так и от компонентного состава.

Основные компоненты ГСН - пропан, бутан и этан – имеют большие по сравнению с метаном показатели плотности и тяжелее воздуха. Таким образом, они, скапливаясь в канавах и на полу рабочих зон автотранспортных предприятий, представляют большую опасность по сравнению с метаном. Метан, благодаря низкой плотности (почти в два раза легче воздуха), в случае утечки устремляется вверх в вентиляционные устройства.

Плотность паровой фазы газа оказывает влияние на

массовый заряд газовой среды, поступающей в цилиндры двигателя, а следовательно, и на мощность, и на топливную экономичность. Все компоненты газообразных топлив первоначально не имеют цвета и запаха, поэтому для обнаружения утечек и обеспечения безопасности при использовании этих видов топлива на автомобилях их одорируют, т.е. придают особый запах.

Анализ теплофизических свойств топлива и его горючей смеси (теплота сгорания газа и теплотворность горючей смеси) показывает, что все газы превосходят бензин по теплотворной способности, однако в смеси с воздухом их энергетические показатели снижаются, и это является одной из причин уменьшения мощности газобаллонных автомобилей на ГСН до 7 % и на КПГ до 20 %. Вместе с тем высокие октановые числа газообразных топлив позволяют увеличить степень сжатия газовых двигателей за счет изменения конструкции и поднять показатель мощности. Компоненты газового топлива имеют пределы воспламенения, значительно смещенные в сторону бедных смесей, что дает дополнительные возможности повышения топливной экономичности.

Газообразные углеводородные топлива относятся к наиболее чистым в экологическом отношении моторным топливам.

Газ сжиженный нефтяной в качестве топлива для автомобилей представляет собой смесь пропана, нормального бутана, изобутана, пропилена, этана, этилена и других углеводородов. Его получают как продукт переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах или при добыче нефти и природного газа в виде отдельной жидкой фракции.

Стандарт предусматривает две марки газа: зимнюю - ПА (пропан автомобильный) и летнюю - ПБА (пропан-бутановая смесь автомобильная). В марке ПА содержится 90

$\pm 10\%$  пропана, в марке ПБА –  $50 \pm 10\%$  пропана, остальное – бутан, не более  $1\%$  непредельных углеводородов. В газе сжиженном нефтяном марки ПА давление насыщенных паров при температуре  $-35\text{ }^\circ\text{C}$  не менее  $0,07\text{ МПа}$  (избыточное), в газе марки ПБА при температуре  $+45\text{ }^\circ\text{C}$  – не более  $1,6\text{ МПа}$ , а при температуре  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  – не менее  $0,07\text{ МПа}$ . Давление газа в баллоне практически не зависит от его количества.

На автомобильные газонаполнительные станции часто поступает газ зимней и летней марок: смесь пропан-бутановая зимняя (СПБТЗ) и смесь пропан-бутановая летняя (СПБТЛ).

## **2.2 АВИАЦИОННЫЕ ТОПЛИВА**

Авиационные бензины предназначены для применения в поршневых авиационных двигателях.. ГОСТ 1012-72 предусматривает две марки авиационных бензинов: Б-91/115 и Б-95/130. Марка авиабензина означает его октановое число по моторному методу, указываемое в числителе, и сортность на богатой смеси – в знаменателе дроби. Бензин Б-91/115 предназначен для эксплуатации двигателей АШ-62ир, АИ-26В, М-14Б, М-14П и М-14В-26, а Б-95/130 – двигателей АШ-82Т и АШ-82В. Бензин Б-92 может применяться взамен бензина Б-91/115 в двигателях всех типов. Использование авиабензина Б-92 без нормирования показателя сортности позволяет наряду с обеспечением нормальной работы двигателей на всех режимах значительно расширить ресурсы авиабензинов и снизить содержание в них токсичного тетраэтилсвинца.

В России вырабатывают две марки авиабензинов: Б-91/115 и Б-92.

Разработаны технические условия на авиационные бензины марок Б-100/130 и Б-100/130 малозтилированный –

ТУ 38.401-58-197-97. Установленные нормы к качеству указанных бензинов соответствуют требованиям ASTM В 910 и европейским спецификациям на бензины марок 100 и 100LL.

Базовым компонентом для выработки авиационных бензинов марок Б-92 и Б-91/115 обычно являются бензины каталитического риформинга. В качестве высокооктановых компонентов могут быть использованы алкилбензин, изооктан, изопентан и толуол.

В целях обеспечения требуемого уровня детонационных свойств к авиационным бензинам добавляют антидетонатор тетраэтилсвинец (от 1,0 до 3,1 г на 1 кг бензина) в виде этиловой жидкости. Для стабилизации этиловой жидкости при хранении авиабензинов добавляется антиокислитель 4-оксидифениламин или Агидол-1.

Как и все этилированные топлива, для безопасности в обращении и маркировки, авиационные бензины должны быть окрашены. Бензины Б-91/115 и Б-92 окрашиваются в зеленый цвет красителями: жирорастворимым зеленым 6Ж или жирорастворимым зеленым антрахиноновым; Б-95/130 — в желтый цвет жирорастворимым желтым К; Б-100/130 — в голубой цвет органическим жирорастворимым ярко-синим антрахиноновым или 1,4-диалкиламино-антрахиноном.

## 2.3 АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВ

**Биотопливо** – это топливо, получаемое из биологического сырья, как правило, в результате различной переработки биологических или промышленных отходов. В настоящее время получили распространение: жидкое биотопливо (для ДВС, например, этанол, метанол, биодизель), твердое биотопливо (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга) и газообразное (биогаз, водород).

На практике биотоплива разделяют по поколениям:

- **биотопливо первого поколения** изготавливают из сахара, крахмала, растительного масла и животного жира. Основным источником его производства являются различные семена или зерна;

- **биотопливо второго поколения** производится из биомассы, состоящей из остаточных, непригодных для пищи растений, таких как стебли, листья, шелуха, просо, ятрофа (непищевые растения) и производственного мусора. Технологии производства биотоплива второго поколения позволяют также извлекать полезное сырье из древесной или волокнистой биомассы, содержащих целлюлозу и лигнин и представляющих собой составные углеводы (молекулы, основанные на сахаре). Из сахаров в результате брожения получается лигноцеллюлозный этанол, который на 90% уменьшает выбросы парниковых газов. Лигнин используется для получения тепловой энергии;

- **биотопливо третьего поколения** производится в основном из водорослей.

Принципиальная разница между биотопливом второго и первого поколений заключается в возможности использования более широкого спектра биомасс, в том числе и относительно дешевых. Эти источники включают в первую очередь непригодную для пищи биомассу, предназначенную для получения энергии растения, и иные ресурсы из биомассы: солома и отходы лесозаготовок и деревообработки и т.д.

**Биодизель** - смесь метиловых эфиров жирных кислот, сходная по физическим и химическим свойствам с дизельной фракцией из нефти. Биодизель имеет цетановое число не менее 51, температуру вспышки более 150 °С, хорошие смазочные характеристики. Главный недостаток - ограниченный срок хранения после изготовления - не более 3 месяцев

вследствие бактериального разложения.

Получается реакцией переэтерификации жирных кислот, содержащихся в растительных маслах (рапсовое, соевое, пальмовое) и метилового спирта в соотношении 10:1, в присутствии в качестве катализатора — метилата натрия. Реакция происходит в процессе смешения масла и спирта в емкости с мешалкой при нормальной температуре 20-25 °С. Побочным продуктом является глицерин, отделяемый далее в отмывочной колонне водой.

**Эмульгированное дизельное топливо** - добавление в обычное дизельное топливо 20 % воды и 1 % эмульгатора. Смесь можно использовать в обычных дизелях без их переделки. Цвет смеси - мутно-белый. Срок хранения после приготовления - около трёх месяцев.

**Этанол** производится за счет брожения зерновых продуктов таких как: кукуруза, ячмень или пшеница; и дистилляции. Также его можно производить из многих видов трав и деревьев, хотя здесь технология будет более сложной, в таком случае это называют биоэтанолом. В соответствии с Законом об энергетической политике от 1992 г. смеси, содержащие не менее 85 % этанола, считаются альтернативными видами топлива. E85, смесь состоящая на 85% из этанола и на 15% из бензина, используется в транспортных средствах с универсальной топливной системой, которые предлагаются большинством производителей транспортных средств. Транспортные средства с универсальной топливной системой могут работать на бензине, E85, или на любом сочетании этих двух видов топлива.

Смеси с большим содержанием этанола, такие как E95, также являются отличными альтернативными видами топлива. Смеси с более низкими концентрациями этанола, такие как E10 (10% этанола и 90% бензина), иногда исполь-

зуются для увеличения октанового числа и повышения качества выбросов, но они не рассматриваются как альтернативные виды топлива.

**Топлива серии Р** представляет собой смесь этанола, газоконденсатной жидкости и метилтетрагидрофурана, вспомогательного растворителя, полученного из биомассы. Виды топлива серии Р представляют собой прозрачные альтернативные виды топлива с высоким октановым числом, которые можно использовать в транспортных средствах с универсальной топливной системой. Топлива серии Р можно использовать в чистом виде или в смеси с бензином в любом соотношении путем простого добавления бензина в бак.

**Метанол**, известный, как древесный метиловый спирт, может использоваться в качестве альтернативного вида топлива в транспортных средствах с универсальной топливной системой, которые спроектированы для работы на М85, смеси, содержащей 85% метанола и 15% бензина. Но в наши дни не производят транспортных средств с метаноловыми двигателями.

### **3 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Различают нефтяные (минеральные) и синтетические смазочные масла, используемые в качестве смазочных материалов. Нефтяные масла представляют собой жидкие смеси высококипящих углеводородов (т. кип. 300-600 °С). Получают дистилляцией нефти или удалением нежелательных компонентов из гудронов. На основе нефтяных масел получают пластичные и технологические смазки, смазочно-охлаждающие и гидравлические жидкости и пр.

По происхождению или исходному сырью различают такие смазочные материалы:

– минеральные, или нефтяные, являются основной группой выпускаемых смазочных масел (более 90 %). Их получают при соответствующей переработке нефти. По способу получения такие материалы классифицируются на дистиллятные, остаточные, компаундированные или смешанные;

– растительные и животные, имеющие органическое происхождение. Растительные масла получают путем переработки семян определенных растений. Наиболее широко в технике применяются касторовое масло.

– животные масла вырабатывают из животных жиров (баранье и говяжье сало, технический рыбий жир, костное и спермацетовые масла и др.).

– органические, масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами и более низкой термической устойчивостью. В связи с этим их чаще используют в смеси с нефтяными;

– синтетические, получаемые из различного исходного сырья многими методами (каталитическая полимеризация жидких или газообразных углеводородов нефтяного и нефтяного сырья; синтез кремнийорганических соединений – полисиликонов; получение фтороуглеродных масел). Синтетические масла обладают всеми необходимыми свойствами, однако, из-за высокой стоимости их производства применяются только в самых ответственных узлах трения.

По внешнему состоянию смазочные материалы делятся на:

– жидкие смазочные масла, которые в обычных условиях являются жидкостями, обладающими текучестью (нефтяные и растительные масла);

– пластичные, или консистентные, смазки, которые в обычных условиях находятся в мазиобразном состоянии

(технический вазелин, солидолы, консталины, жиры и др.). Они подразделяются на антифрикционные, консервационные, уплотнительные и др.;

– твердые смазочные материалы, которые не изменяют своего состояния под действием температуры, давления и т. п. (графит, слюда, тальк и др.). Их обычно применяют в смеси с жидкими или пластичными смазочными материалами.

По назначению смазочные материалы делятся на масла:

– моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (бензиновых, дизельных, авиационных);

– трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, комбайнов, самоходных и других машин;

– индустриальные, предназначенные главным образом для станков;

– гидравлические для гидравлических систем различных машин;

Также выделяют компрессорные, приборные, цилиндровые, электроизоляционные, вакуумные и др. масла.

### **3.1 Моторные масла**

#### **Классификация и свойства моторных масел**

В основу классификации моторных масел в России по ГОСТ 17479.1–85 положены два характерных признака: кинематическая вязкость и качественный уровень, определяемый как сумма важнейших эксплуатационных свойств. По вязкости масла подразделяются на три класса: летние, зимние, всесезонные. Летние масла нормируются значением кинематической вязкости при  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зимние – при  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Всесезонные масла обозначаются дробью, в числите-

ле указывается класс вязкости зимнего, а в знаменателе – летнего масла. Система обозначений моторных масел включает несколько знаков: букву М (моторное), цифру, характеризующую класс кинематической вязкости, и букву, обозначающую принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам. Дробные цифры в числителе указывают класс вязкости масла при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в знаменателе – класс вязкости при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Цифры у букв обозначают следующее: индекс "1" присваивают маслам для бензиновых двигателей, "2" – для дизельных. Универсальные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла как дизельного, второе – как бензинового. В необходимых случаях применяют дополнительные индексы: "рк" – рабоче- консервационные масла; "цл" – для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем; "3" – масло, содержащее загущающую присадку; "20", "30" – значение щелочного числа.

Также, в зависимости от назначения, типа двигателя и эксплуатационных свойств моторные масла подразделяют на группы. Примеры обозначения моторных масел.

М-8-В, – буква "М" – моторное масло, цифра "8" – класс вязкости, буква с индексом «В» обозначает, что по эксплуатационным свойствам масло относится к группе «В» и предназначено для смазывания среднефорсированных карбюраторных двигателей;

М-10-Г2к – буква "М" – моторное масло, цифра "10" – класс вязкости, буква "Г" с индексом "2" означает, что по эксплуатационным свойствам оно относится к группе Г и предназначено для смазывания высокофорсированных ди-

зельных двигателей; буква "К" свидетельствует о том, что масло предназначено для автомобилей КамАЗ;

Таблица 3.1 Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам

Группа масел		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые и дизельные двигатели
Б	Б1	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии
	Б2	Малофорсированные дизельные двигатели
В	В1	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
	В2	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к противокоррозийным, противоизносным свойствам масел и склонны к образованию высокотемпературных отложений
Г	Г1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии
	Г2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д		Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых условиях, или в случаях, когда применяемое топливо требует использования масла с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию отложений
Е		Лубрикаторные системы смазки цилиндров двигателей, работающих на топливе с высоким содержанием серы

М6з/10-В – буква "М" – моторное масло, 6з/10 – класс вязкости, буква "З" означает, что масло имеет эксплуатационную присадку, улучшающую вязкостно-температурные свойства масла и предназначено для применения в качестве

всесезонного или зимнего сорта, буква "В" без индекса означает, что это масло универсальное и предназначено для смазывания карбюраторных и дизельных двигателей.

В странах Западной Европы и США масла классифицируются по вязкости, определяемой по методике американского общества автомобильных инженеров SAE (Society of Automobile Engineers) и по эксплуатационным свойствам согласно квалификационной системе, разработанной Американским институтом нефти API (American Petroleum Institute).

По SAE моторные масла делятся на летние, зимние и всесезонные. Летние – 20, 30, 40, 50 и 60 (цифра обозначает вязкость при температуре 98,9 °С); зимние OW, 5W, 10W, 15W и 25W (цифра – вязкость масла, а буква "W" – от английского слова Winter (зима)).

### **3.2 Трансмиссионные масла**

Масла, служащие для смазывания коробок передач, раздаточных коробок, дифференциалов, механизмов рулевого управления, представляющих собой зубчатые передачи – цилиндрические, конические, червячные, гипоидные и другие, называются трансмиссионными.

В первую очередь, масла этого типа должны обладать хорошими противоизносными, противозадирными и противопиттинговыми свойствами, характеризоваться пологой вязкостно-температурной кривой, низкой температурой застывания, обладать хорошей термической и термоокислительной стабильностью, а также высокой стабильностью при хранении, минимально воздействовать на резинотехнические уплотнительные материалы, не допуская их разрушения, иметь хорошие антикоррозионные свойства, не содержать механические примеси и воду.

Таблица 3.2 Обозначение трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85

ГОСТ 17479.2-85	Принятое ранее обозначение
ТМ-2-18	ТС <sub>П</sub> -15
ТМ-3-9	ТС <sub>П</sub> -10
ТМ-3-18	ТА <sub>П</sub> -15В; ТС <sub>П</sub> -15 <sub>к</sub>
ТМ-4-9	ТС <sub>3</sub> -9 <sub>ГИП</sub>
ТМ-4-18	ТС <sub>П</sub> -14 <sub>ГИП</sub>
ТМ-5-12 <sub>3</sub> (рк)	ТЭ5-12 <sub>рк</sub>
ТМ-5-18	ТАД-17И

В качестве противоизносных присадок в трансмиссионных маслах широко применяются: ЛЗ-23К – дибутилксантат этилена с 38-41% серы; ОТП – осерненный тетрамер пропилена с 20% серы; ЭФО – продукт взаимодействия экстракта фенольной очистки остаточных масел с пентасернистым фосфором. Для понижения температуры застывания применяются различные присадки-депрессоры, которые добавляют в масло в количестве 0,2 ... 0,5 %.

Таблица 3.3 Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100° С, мм <sup>2</sup> /сек.	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па
9	6-10,99	-35
12	11-13,99	-26
18	14-24,99	-18
34	25-41	-

Согласно ГОСТ 17479.2–85 трансмиссионные масла разбиваются на классы по вязкости и в зависимости от эксплуатационных свойств их подразделяют на пять групп, определяющих области их применения. Классы вязкости

трансмиссионных масел представлены в таблице 3.3.

В зависимости от эксплуатационных свойств и областей применения, трансмиссионные масла подразделяют на группы (табл. 3.4).

Таблица 3.4 Группы трансмиссионных масел

Группа	Спецификации	Применение
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла до 90° С
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	Применение то же, что и в группе 1, но при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла до 130° С
3	Минеральные масла с противоизносными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические и спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла до 150° С
4	Минеральные масла с противоизносными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла до 150° С
5	Минеральные масла с противоизносными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла до 150° С

Пример обозначения: ТМ-5-12з(рк) – ТМ – трансмиссионное масло, 5 – 5-ой группы, 12 – 12-го класса вязкости, з – загущенное, рк – рабочее-консервационное.

### 3.3 Индустриальные масла

Используют главным образом как смазочные масла в узлах трения станков, кузнечно-прессового оборудования, текстильных машин, вентиляторов, насосов и другого оборудования, а также в качестве гидравлических жидкостей, базовых масел для производства пластичных смазок и т.д. Ранее индустриальные масла вырабатывали под названиями "велосит", "швейное масло", "веретенные масла", "машинные масла" и др. Наряду с традиционными индустриальными маслами вырабатывают масла с комплексом присадок (антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной и др.) – так называемые масла серий ИГП (гидравлические), ИРП (редукторные), ИСП (для направляющих скольжения).

Назначение индустриальных масел - обеспечить снижение трения и износа деталей металлорежущих станков, прессов, прокатных станов и другого промышленного оборудования. Одновременно, индустриальные масла должны отводить тепло от узлов трения, защищать детали от коррозии, очищать поверхности трения от загрязнения, быть уплотняющим средством, не допускать образования пены при контакте с воздухом, предотвращать образование стойких эмульсий с водой или быть способными эмульгировать, хорошо фильтроваться через фильтрующие элементы, быть нетоксичными, не иметь неприятного запаха и т.д. В условиях применения смазочные масла подвергаются воздействию высоких температур и давлений, контактируют с различными металлами, воздухом, водой и различными агрессивными средами. Поэтому в период эксплуатации они окисляются - повышается вязкость, кислотное число, коррозионная активность, засоряются продуктами износа - усиливается абразивный износ, ухудшается фильтрование, появляются продукты

деструкции - понижается вязкость, температура вспышки, появляется вода и др.

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38 и ИГП-49 служат рабочими жидкостями в гидравлических системах станков, автоматических линий, прессов. Их используют для смазывания высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, вариаторов, электромагнитных и зубчатых муфт, подшипниковых узлов, направляющих скольжения и качения и в других узлах и механизмах, где требуются масла с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами.

Масла ИГП-72, ИГП-90, ИГП-114 используют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования и для смазывания шестеренчатых передач, средненагруженных зубчатых и червячных редукторов, в циркуляционных системах смазки различного оборудования.

Масла И-20А, И-40А, И-50А дистиллятные или смесь дистиллятных с остаточными из сернистых и малосернистых нефтей селективной очистки. Их употребляют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах станочного оборудования, автоматических линий, прессов, для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла, и других механизмов.

### **3.4 Гидравлические масла**

По назначению гидравлические масла делят в соответствии с областью применения:

- для летательных аппаратов, мобильной наземной, речной и морской техники;
- для гидротормозных и амортизаторных устройств

различных машин;

- для гидроприводов, гидропередач и циркуляционных масляных систем различных агрегатов, машин и механизмов, составляющих оборудование промышленных предприятий. Основная функция рабочих жидкостей для гидравлических систем - передача механической энергии от ее источника к месту использования с изменением значения или направления приложенной силы.

**ВМГЗ.** Масло предназначено для систем гидропривода и гидроуправления строительных, дорожных, лесозаготовительных, подъемнотранспортных и других машин, работающих на открытом воздухе при температурах в рабочем объеме масла от -40 до +50 С в зависимости от типа гидронасоса. Для северных регионов рекомендуется как всесезонное, а для средней географической зоны - как зимнее.

**Веретенное масло АУ.** Масло обеспечивает работу гидроприводов в диапазоне температур от -(30-35) до +(90-100) С.

### 3.5 Компрессорные масла

Это нефтяные или синтетические (кремнийорганические, алкилбензолы, эфиры пентаэритрита и др.) масла, используемые в поршневых и роторных компрессорах для улучшения герметичности камер сжатия, уменьшения трения и износа, отвода теплоты. Вязкость. 7-30 мм<sup>2</sup>/с при 100 °С, твсп. 190-275 °С. Они отличаются низкой испаряемостью, высокой термической стабильностью (до 250 °С) и химической стойкостью по отношению к сжимаемым в компрессорах газам (воздух, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> и др.), хорошими противозносными свойствами. К маслам для компрессоров холодильных установок предъявляются особые требования, обу-

словленные непрерывным контактом компрессорных масел с хладагентом, а также постоянным изменением температуры и давления среды. Вязкость этих масел 11-35 мм<sup>2</sup>/с при 50 °С, твсп. 160-225 °С. Нефтяные масла получают обычно селективной, реже кислотной-контактной очисткой масляных дистиллятов. Для улучшения их эксплуатационных свойств вводят антиокислительные, антикоррозийные и депрессорные присадки (0,02-1,0% по массе), иногда масла для придания повышенной морозостойкости загущают полимерными присадками (например, 2-3% полиметилметакрилатов, полиизобутиленов).

В зависимости от областей применения и предъявляемых требований выделяют три класса компрессорных масел.

- для поршневых и ротационных компрессоров;
- для турбокомпрессорных машин;
- для холодильных компрессоров.

Основные марки компрессорных масел (в том числе, холодильных компрессорных): ВМ-4, КС-19, ХФ-22-44, К-2-24, КЗ-10Н представлены в приложении .

### **3.6 Пластичные смазки**

Пластичные смазки – распространённый вид смазочных материалов, представляющих собой высококонцентрированные дисперсии твёрдых загустителей в жидкой среде. Чаще всего смазки - трёхкомпонентные коллоидные системы, содержащие дисперсионную среду - жидкую основу (70...90 %) дисперсную фазу – загуститель (10...15 %), модификаторы структуры и добавки - присадки, наполнители (1...15 %). В качестве дисперсной среды используют масла нефтяного и синтетического происхождения, реже их смеси. К синтетиче-

ским маслам относят кремнийорганические жидкости - полисилкосаны, эфиры, полигликоли, фтор- и хлорорганические жидкости. Их применяют в основном для высокоскоростных подшипников, работающих в широких диапазонах температур и контактных нагрузок. Смеси синтетических и нефтяных масел применяют для более эффективного использования смазок и регулирования их эксплуатационных свойств. Загустителями служат соли высокомолекулярных, жирных кислот - мыла, твёрдые углеводороды - церезины, петролатумы и некоторые продукты неорганического (бентонит, силикагель) или органического (кристаллические полимеры, производные карбамида) происхождения. Наиболее распространены мыла и твёрдые углеводороды. Концентрация мыльного и неорганического загустителя обычно не превышает 15 %, а концентрация твёрдых углеводородов доходит до 25 %.

По назначению смазки разделяют на:

- антифрикционные – для снижения трения и износа; и в свою очередь, антифрикционные общего назначения и антифрикционные технологические (для облегчения технологических процессов обработки материалов);

- консервационные – для предохранения металлических изделий от коррозии;

- уплотнительные – для герметизации трущихся поверхностей, сальников, зазоров и др.;

- специального назначения, например, фрикционные – для увеличения трения с целью предотвращения проскальзывания, приработочные – для улучшения приработки трущихся поверхностей и др.

Кроме вышеперечисленных классификаций по назначению или функциональному действию, известна классификация смазок по составу. По типу загустителя смазки подраз-

деляют на органические и неорганические. К органическим загустителям относятся мыла, твёрдые углеводороды, пигменты и некоторые кристаллические полимеры. Неорганические загустители - силикагель, бентонит, технический углерод (сажа) и некоторые другие.

Мыльные смазки в свою очередь делят на кальциевые, натриевые, литиевые, бариевые, алюминиевые и др. В зависимости от состава жиров, употребляемых для приготовления мыльных загустителей, выделяют смазки на синтетических, жирных кислотах, природных жирах и технических, жирных кислотах.

Ассортимент антифрикционных смазок промышленного производства превышает 100 наименований.

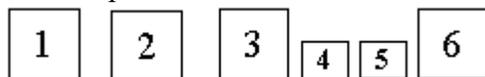


Рисунок 3.1 - Схема маркировки пластичных смазок по ГОСТ 23258–78

- 1 – подгруппа по назначению (например М – многоцелевая);
- 2 – тип загустителя (например Ли – литиевое мыло);
- 3 – температурный диапазон применения смазки;
- 4 – тип дисперсной среды (у – синтетические углеводороды, к – кремнийорганические жидкости, э – сложные эфиры, ф – фторсилоксаны, н – нефтяное масло, ж – галогеноуглеродные жидкости, а – перфторалкилполиэфиры, «-» – нефтяная основа, п – прочие масла и жидкости);
- 5 – твердые добавки (г – графит, д – дисульфид молибдена, с – порошки свинца, м – порошки меди, ц – порошки цинка, т – прочие твердые добавки).
- 6 – число пенетрации (класс консистенции) (по возрастанию густоты изменяется от 000 до 7).

Пример маркировки: СКа 2/7-2 – С – антифрикционная смазка общего назначения, применяемая при температу-

ре до 70°C (солидол), Ка – загуститель – калиевое мыло, 2/7 – рекомендуемый температурный диапазон применения от -20°C до +70°C, «-» – смазка приготовлена на нефтяной основе, 2 – число пенетрации (класс консистенции) (пенетрация при 25°C составляет 265...295).

### **Антифрикционные смазки**

Самыми распространёнными мыльными смазками из **кальциевых** смазок общего назначения являются солидолы. Готовят две марки синтетического солидола – **пресс-солидол С** и солидол **С**, и две марки жирового солидола – пресс-солидол **УС-1** и солидол **УС-2** (**УС** – универсальная средне-плавкая). Жировые солидолы готовят загущением нефтяных индустриальных масел кальциевыми мылами.

Кроме солидолов выпускают другие кальциевые гидратированные смазки – **УссА**, **ЦИАТИМ-208** и др.

К комплексным кальциевым смазкам, изготавливаемым на нефтяных или синтетических маслах, относятся – **униол-1**, **униол-2**, **ЦИАТИМ-221** и др. Эти смазки термостойки: температура каплепадения у них выше 200 °С, что позволяет использовать их при температурах до 160 °С. Они обладают хорошими противоизносными и противозадирными свойствами.

**Натриевые и натриево-кальциевые смазки.** Распространёнными *натриевыми* смазками являются *консталины* **УТ-1** и **УТ-2** (**УТ** – универсальная тугоплавкая), работоспособны при температурах до 115 °С и хорошо удерживаются при таких температурах в тяжелонагруженных узлах. Однако натриевые и натриево-кальциевые смазки растворимы в воде. При низких температурах (ниже – 20 °С) применять эти смазки не рекомендуется.

Смазка **1-13**. ( вариант **1-ЛЗ** или **ЛЗ-ЦНИИ**) применяют в роликовых и шариковых подшипниках.

**Литиевые смазки.** Работоспособны в широком интервале температур и до  $-50^{\circ}\text{C}$ , нагрузок и скоростей. К недостаткам можно отнести низкую механическую стабильность и ограниченный верхний предел температуры – не выше  $120\dots130^{\circ}\text{C}$ . **ЦИАТИТМ-201, литол-24, фиол-2** или **2М, фиол-3** и др.

**Алюминиевые смазки.** **АМС-1,3** используется в механизмах, работающих в морской воде или соприкасающихся с ней. Относится к защитно-антифрикционным смазкам. **МС-70** имеет такие же свойства.

**ШРБ-4** смазки на **бариевых** мылах. *Бариевые* смазки обладают хорошей стойкостью к воде и нефтепродуктам, повышенной химической и механической стабильностью.

Смазки на неорганических загустителях – силикагелевые, бентонитовые и др. *Селикагелевые* – **ВНИИНП-262, ВНИИНП-264, ВНИИНП-279**. *Бентонитовые* – **ВНИИНП-226**.

**Консервационные смазки.** **ПВК, ГОИ-54п, УНЗ** (*пушечная*), вазелин технический волокнистый **ВТВ-1, ВНИИСТ-2** и др. Удовлетворительные защитные свойства имеют и некоторые мыльные смазки: **АМС-1, АМС-3, МС-70, ЗЭС** и др.

Канатные смазки: **39у, БОЗ-1, торсиол-35, торсиол-55 Е-1** и др. Они занимают промежуточное положение между консервационными и антифрикционными смазками. Предназначены эти смазки для защиты стальных канатов и тросов при эксплуатации и хранении, а так же снижать износ, уменьшать трение, предотвращать обрывы.

**Уплотнительные смазки.** По составу и свойствам эти смазки специфичны, что не позволяет, как правило, заменять их смазками других типов. В качестве дисперсионной среды используют касторовое масло, глицерин, синтетиче-

ские масла и смеси с нефтяными. Смазки на основе касторового масла и его смеси с нефтяным или синтетическим маслом практически нерастворимы в нефтепродуктах.

Большинство уплотнительных смазок содержат наполнители – графит, слюду, тальк, дисульфид молибдена, асбест, оксиды металлов и др.

## 4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

### 4.1 Охлаждающие жидкости

Наибольшее распространение получили вода и антифризы.

**Антифризы.** Смеси воды со спиртами, воды с глицерином, смеси углеводов. Наибольшее распространение получили смеси на основе двухатомного спирта – этиленгликоля ( $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ). Этиленгликоль – это прозрачная бесцветная вязкая жидкость без запаха. Кипит этиленгликоль при  $197\text{ }^\circ\text{C}$ , застывает – при  $-11,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Однако смеси этиленгликоля с водой застывают при более низких температурах.

Наибольшее распространение получили низкотемпературные жидкости 40, 65, а так же тосолы А-40 и А-65. В других литературных источниках их обозначают ОЖ-40, ОЖ-65. Смесь 53...56% этиленгликоля и 44...47 % воды, температура застывания не выше  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  и плотность  $1065...1085\text{ кг/м}^3$ . Марки 65 содержит 64...66 % этиленгликоля и 34...36 % воды и имеет температуру застывания не выше  $-65\text{ }^\circ\text{C}$ .

«Тосол-А» (ОЖ-К) –концентрированный этиленгликоль с присадками и плотностью  $1100...1150\text{ кг/м}^3$ . Кроме «тосола» выпускают низкотемпературную жидкость «Лена» с такими же характеристиками. «Тосол» имеет голубой цвет,

«Лена» – жёлто-зелёный. Смешивать их при эксплуатации можно.

**Высококипящие охлаждающие жидкости.** Для охлаждения высокофорсированных двигателей используют жидкости, с температурами кипения выше 100 °С. Такие жидкости состоят из смеси высокомолекулярных спиртов, гликолей и эфиров, выкипающих при температуре 110...120 °С.

По используемым присадкам, особенно антикоррозийным, антифризы делятся на несколько четыре типа: традиционные; карбоксилатные; гибридные; лобридные.

**Традиционные антифризы** (Traditional coolants, IAT (Inorganic Acid Technology), Conventional coolants). В этих антифризах в качестве ингибиторов коррозии используются неорганические соединения, главным образом — силикаты и фосфаты, нередко используются нитриты, нитраты, бораты, амины и другие.

**Карбоксилатные антифризы** (Carboxilate coolants, OAT — Organic Acid Technology). В этих антифризах ингибиторами коррозии выступают органические карбоновые кислоты.

**Гибридные антифризы** (Hybrid coolants, HOAT — Hybrid Organic Acid Technology). В данном типе антифризов в качестве ингибиторов коррозии используются как неорганические, так и органические соединения разных групп.

**Лобридные антифризы** (Lobrid coolants, SOAT coolants). В качестве незамерзающей компоненты в нем используется пропиленгликоль (нередко добавляется и глицерин), а в качестве ингибиторов коррозии — органические соединения и небольшую концентрацию (не более 10%) минеральных соединений.

В России и странах СНГ наиболее часто используют

европейскую спецификацию Volkswagen Audi Group (VAG), в которой каждому типу охлаждающих жидкостей присвоены свои индексы:

- гибридные антифризы имеют индекс G-11;
- карбоксилатные антифризы имеют индексы G-12 и G-12+;
- лобридные антифризы имеют индексы G-12++ и G-13.

Антифризы европейского производства не имеют четкого деления по цвету, но чаще всего имеют следующую окраску:

Антифризы G-11 — зеленый цвет, также встречаются антифризы этого типа желтого и синего цвета;

Антифризы G-12 и G-12+ — оттенки красного цвета (от розового до бордового);

Антифризы G-12++ и G-13 — желтый или оранжевый, однако встречаются и антифризы этого типа розового цвета.

**США.** Американские антифризы окрашиваются бессистемно.

#### **Япония, Южная Корея:**

Желтый — антифризы с температурой начала заморозания  $-20^{\circ}\text{C}$ ;

Зеленый — антифризы с температурой начала заморозания  $-25^{\circ}\text{C}$ ;

Красный — антифризы с температурой начала заморозания  $-30^{\circ}\text{C}$ .

## **4.2 Тормозные жидкости**

Тормозные жидкости используют в тормозных системах с гидравлическим и пневмогидравлическим приводом.

**Ассортимент тормозных жидкостей.** Тормозные жидкости выпускают на основе растительного масла (чаще всего касторового) или гликолей (двухатомных спиртов).

«Нева» – тормозная жидкость на основе 51...59 % этилкарбитаола, 31...34 % диолов, 5 % эфиров и 13,5 % смесей гликолей и полигликолей, а также вязкостная и противокоррозионная присадки. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого, прозрачная.

«Томь» – состоит из этилкарбитаола, боратов, загущающих, антикоррозионных и противоизносных присадок. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого.

«Роса» – тормозная жидкость на основе боросодержащих олигомеров алкиленоксидов, в которую введены антиокислительная и антикоррозионная присадки.  $t_{\text{кипения}} = 260^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{применения}} = +50 \dots -50^{\circ}\text{C}$ . Имеет цвет от светло-жёлтого до светло-коричневого.

**ГТЖ-22** – так же жидкость на основе двухатомных спиртов с антикоррозионной и противоизносной присадками. Эти жидкости имеют зелёный цвет.

В тормозных жидкостях **DOT 3**, **DOT 4** в качестве полигликолевой основы используется полиэтиленгликоль в сочетании с полиэфирами борной кислоты, а для **DOT 5** в качестве основы применяется силикон.

**DOT 5.1/ABS**, которая предназначена для машин с ABS (антиблокировочной системой колёс), в состав DOT 5.1 входят силиконовые и гликолевые соединения, из-за чего эта жидкость несовместима с жидкостями других марок.

### 4.3 Амортизаторные жидкости

Амортизаторные жидкости используют в качестве жидкой среды в телескопических и рычажно-кулачковых

амортизаторах автомобилей и других машин.

**АЖ-170** – смесь полиэтилсилоксанов с очищенным нефтяным маслом.

**МГП-12**. В состав её входят антиокислительные и противопенные присадки.

**АЖ-12Т** – фракция трансформаторного масла, загущена полиэтилсилоксановой жидкостью с добавлением противоизносной и антиокислительной присадок.

## **II ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
БЕНЗИНА И ЕГО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В  
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ МАРКЕ ДВИГАТЕЛЯ

**Цель работы.** Научиться определять показатели Ачества автомобильных бензинов, давать заключение о соответствии качества бензина требованию ГОСТ или ТУ, уровне его эксплуатационных свойств и последствиях его применения.

**Оборудование.** Прибор октанометр SX-100М для определения октанового числа бензина, прибор для определения фракционного состава бензина, электроплитка, термометр, лакмусовая бумага, делительная воронка, лабораторная посуда, образец автомобильного бензина.

**Задание и последовательность его выполнения.**

Определить показатели качества, характеризующие горючесть автомобильного бензина, испаряемость, склонность к образованию отложений, совместимость, прокачиваемость. Результаты испытаний записать в журнал. Величины показателей качества, полученные при испытаниях, сравнить с величиной показателей качества, установленных требованием ГОСТ. Дать заключение о соответствии показателей качества автомобильного бензина требованиям ГОСТ, об уровне эксплуатационных свойств бензина и последствиях его применения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ЕГО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ  
ПРИМЕНЕНИЯ В СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ МАРКЕ  
ДВИГАТЕЛЯ

**Цель работы.** Научиться определять показатели качества дизельных топлив, давать заключение об их соответствии требованию стандарта, об эксплуатационных свойствах топлива и последствиях его применения.

**Оборудование.** Прибор ЛТЗ для определения температуры помутнения и температуры застывания дизельных топлив, прибор октанометр SX-100М для определения цетанового числа, ареометр, цилиндр 0,5 л, вискозиметр ВПЖ-4, секундомер, делительная воронка со штативом, универсальная индикаторная бумага.

**Задание и последовательность его выполнения.** Определить температуру помутнения и температуру застывания дизельного топлива. По этим показателям определить марку топлива и охарактеризовать его прокачиваемость. Определить плотность, цетановое число топлива и охарактеризовать его горючесть. Определить кинематическую вязкость топлива и охарактеризовать его противоизносное свойство. Определить рН топлива и охарактеризовать его совместимость с материалами.

Результаты испытаний занести в журнал, сравнить их с требованиями ГОСТ 305-82, дать заключение о качестве топлива, его эксплуатационных свойствах и последствиях его применения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
МОТОРНОГО МАСЛА И ЕГО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ  
ПРИМЕНЕНИЯ В СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ МАРКЕ  
ДВИГАТЕЛЯ

**Цель работы.** Научиться определять показатели качества моторных масел, давать заключение об их соответствии требованию стандарта и последствиях применения.

**Оборудование.** Анализатор качества АК-3, цилиндр стеклянный емкостью 500 мл, ареометр, вискозиметр ВПЖ-4, секундомер, водяная баня, прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле, набор пробирок со штативом, образцы моторных масел.

**Задание и последовательность его выполнения.** Определить марку моторного масла, его плотность и охарактеризовать его прокачиваемость. Определить кинематическую вязкость моторного масла при 40 и 100 °С, класс вязкости, рассчитать индекс вязкости и охарактеризовать его антифрикционное свойство. Определить температуру вспышки моторного масла в открытом тигле и охарактеризовать его воспламеняемость. Определить функциональную совместимость моторного масла с другими марками масел.

Результаты испытаний занести в журнал. Дать заключение о качестве масла, его эксплуатационных свойствах и последствиях применения в двигателе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК И УСТАНОВЛЕНИЕ ИХ  
ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В  
СООТВЕТСТВУЮЩИХ УЗЛАХ АВТОМОБИЛЯ И  
ТРАКТОРА

**Цель работы.** Научиться определять показатели качества пластичных смазок, давать заключение об их соответствии требованию стандарта и последствиях применения.

**Оборудование.** Пластометр К-2, прибор для определения температуры каплепадения пластических смазок, лабораторные стекла

**Задание и последовательность его выполнения.** Определить марку и наполнитель пластичной смазки. Определить пенетрацию и температуру каплепадения. Определить функциональную совместимость смазки с другими марками пластичных смазок.

Результаты испытаний занести в журнал. Дать заключение о качестве пластичной смазки, её эксплуатационных свойствах и последствиях применения в узлах трения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

**Цель работы.** Научиться определять показатели качества технических жидкостей, давать заключение об их соответствии требованию стандарта и последствиях применения.

**Оборудование.** Гидрометр, коническая колба емкостью 100 мл, пробирки.

**Задание и последовательность его выполнения.** Определить марку охлаждающей жидкости по содержанию этиленгликоля. Определить функциональную совместимость охлаждающих жидкостей, тормозных жидкостей и амортизаторных жидкостей с другими марками жидкостей. Ознакомиться с составами, назначением, применением охлаждающих, тормозных и амортизаторных жидкостей.

Результаты испытаний занести в журнал. Дать заключение о качестве исследуемых жидкостей, их эксплуатационных свойствах и последствиях применения в системах автомобилей, тракторов и сельскохозяйственной техники.

### **III ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ**

## Вопросы к разделу «Топливо-смазочные материалы»

1. Что такое плотность вещества, как ее определяют?
2. Как зависит плотность от температуры?
3. В каких пределах находится плотность бензинов?
4. Каким показателем оценивается наличие органических кислот в топливе?
5. Что такое фракционный состав топлива и как он определяется?
6. Какое свойство топлива характеризует фракционный состав?
7. Какие свойства топлив характеризует температура 10-, 50- и 90%-го отгона?
8. Как влияет давление насыщенных паров на испарение бензина?
9. Что характеризует вязкость жидкости?
10. Как определяется кинематическая и динамическая вязкость?
11. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства дизельного топлива?
12. Какие температуры принимаются за температуры помутнения и застывания топлива?
13. Какие явления вызывают помутнение и застывание дизельного топлива?
14. При какой температуре наружного воздуха может применяться данный образец топлива?
15. Что является сырьем для получения газовых и альтернативных топлив?
16. Каковы преимущества газовых топлив?
17. Перечислите недостатки газовых топлив.
18. Какие углеводороды входят в состав автомобильного топлива «сжиженный нефтяной газ» (СНГ) и в каком агрегат-

ном состоянии находится СНГ в баллоне?

19. Под каким давлением находится СНГ в баллоне автомобиля? Для чего служит паровой вентиль в баллоне?

20. Назовите марки сжиженных нефтяных газов и чем они отличаются

21. Основной углеводород в составе сжатого природного газа? Под каким давлением находится СПГ в баллонах? Требования к баллонам.

22. Какие виды спиртовых топлив можно применять для автомобилей и в чем их недостатки?

23. Рекомендации по использованию спиртовых топлив для автомобилей. Каковы их преимущества?

24. Охарактеризуйте водород как автомобильное топливо с его достоинствами и недостатками.

25. Как получают биодизтопливо? Чем оно лучше дизтоплива нефтяного происхождения?

26. Технические, энергетические, экологические, экономические, ресурсные требования химмотологии к двигателям.

27. Виды эксплуатационных материалов?

28. Получения из нефти топлив и смазочных материалов методом прямой перегонки.

29. Приведите формулу углеводородов парафинового, нафтенового и ароматического ряда, входящего в состав нефти.

30. Почему нафтеновые и ароматические углеводороды предпочтительнее для изготовления бензинов, а парафиновые – для дизельных топлив?

31. Что понимают под термином "сгорание" применительно к автомобильным двигателям?

32. Что характеризует параметр называемый коэффициентом избытка воздуха?

33. Что такое теплота сгорания топлива?

34. Опишите фазы сгорания двигателя с искровым зажигани-

ем?

35. От каких факторов зависит скорость сгорания в двигателях с искровым зажиганием при нормальном развитии процесса?

36. Чем характеризуется детонационное сгорание рабочей смеси?

37. Каковы основные причины возникновения детонации?

38. Перечислите основные эксплуатационные требования, предъявляемые к автомобильным бензинам, расшифруйте А-88 и Аи-98?

39. Какие свойства автомобильных бензинов оказывают влияние на процесс образования горючей смеси?

40. Каким образом определяется плотность жидких нефтепродуктов?

41. Что характеризует свойства жидкостей называемой вязкостью?

42. В каких единицах величины может быть выражена вязкость жидкостей?

43. Дайте определение динамической вязкости жидкости.

44. Как связаны между собой динамическая и кинематическая вязкость жидкости?

45. Каким образом характеризуется испаряемость бензинов?

46. Какое влияние оказывают показатели испаряемости автомобильных бензинов на эксплуатационные характеристики двигателя?

47. Дайте определение параметру называемому октановым числом топлива?

48. Какие существуют методы определения октанового числа?

49. От чего зависит детонационная стойкость бензинов?

50. Назовите основные методы повышения детонационной стойкости автомобильных бензинов?

51. Что понимают под стабильностью топлива?
52. Назовите основные марки бензинов отечественного и зарубежного производства, приведите пример их маркировки.
53. Какими особенностями характеризуются процессы смесеобразования и сгорания в дизелях?
54. Перечислите основные требования, предъявляемые к качеству дизельных топлив?
55. Какие характерные точки и периоды можно выделить на индикаторной диаграмме, описывающей процесс сгорания в дизельном двигателе?
56. Каким образом оценивается жесткость процесса сгорания дизельного топлива?
57. Каким образом оценивается самовоспламеняемость дизельного топлива?
58. Дайте определение цетанового числа дизельного топлива, связь между цетановым и октановым числами.
59. В каких пределах находится цетановое число дизельных топлив, применяемых для быстроходных дизелей, как влияют отклонения от нормы на показатели работы двигателя?
60. Назовите основные методы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.
61. Как влияют отклонения вязкости дизельного топлива от нормы на показатели работы двигателя?
62. Какие свойства дизельного топлива оказывают влияние на процесс смесеобразования?
63. Каким образом оцениваются низкотемпературные свойства дизельного топлива?
39. Каким образом характеризуется испаряемость дизельных топлив?
64. Какое влияние оказывают показатели испаряемости дизельных топлив на эксплуатационные характеристики двигателя?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Учебная литература* Основная

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. Для вузов. –М.: Наука-Пресс, 2003. - 421 с.
2. ГОСТ 26098-84. Нефтепродукты: Термины и определения. –М.: Изд-во стандартов, 1992.-13с.
3. ГОСТ 25349-90. Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта. Порядок составления и согласования. –М.: Изд-во стандартов, 1991. -16 с.
4. ГОСТ 26191-84. Масла, смазки и специальные жидкости. Ограничительный перечень и порядок назначения. - М.: Изд-во стандартов, 1995. -46 с.
5. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2002.
6. Кириченко Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Академия, 2005.
7. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Текст] : допущено Мин. с.х. РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности 110301 "Механизация сельского хозяйства" и 110304 "Технология обслуживания и ремонт машин в АПК" / В.В. Остриков, А.П. Уханов, К.У. Сафаров и др. - Ульяновск : УГСХА, 2009. - 575 с.
8. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте (с 1 января 2008 года) [Текст] : методические рекомендации. - М. : Инфра-М, 2010. - 126 с

## Дополнительная

1. Кириченко, Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы [Текст] : допущено Мин. образования РФ в качестве учебного пособия для студентов учреждений среднего проф. образования, обучающихся по специальностям 190604 "Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта", 110301 "Механизация сельского хозяйства" / Н.Б. Кириченко. - М. : Академия, 2007. - 208 с

2. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы [Текст]: допущено Мин. с.-х. РФ в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности 311300 "Механизация с.-х." / А.В. Кузнецов. - М. : КолосС, 2005. – 125 с.

### *Методические разработки*

1. Хохлов А.Л. Холманов Эксплуатация и ремонт нефтескладов. Учебно-методический комплекс А.Л.Хохлов, А.А. Глущенко, Е.Н. Прошкин, Е.А. Сидоров. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2011 - С. 288.

2. Холманов В.М. Эксплуатационные материалы для автомобильного хозяйства. Учебное пособие/В.М. Холманов, А.А. Глущенко. - Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2012 - С. 151.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	3
3	ГЛОССАРИЙ.....	4
I	ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС .....	11
1	СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ...	11
2	МАШИННЫЙ АГРЕГАТ.....	20
3	ДИНАМИКА АГРЕГАТА.....	23
4	ЭНЕРГЕТИКА АГРЕГАТА.....	31
5	ТЯГОВЫЕ СВОЙСТВА АГРЕГАТА.....	34
6	КИНЕМАТИКА АГРЕГАТА.....	38
7	КОМПЛЕКТОВАНИЕ АГРЕГАТА.....	46
8	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ АГРЕГАТА.....	52
9	СИСТЕМА УЧЕТА И ОЦЕНКИ РАБОТЫ МАШИН.	56
10	ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	58
11	ВЫБОР СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПАРКА МАШИН.	60
II	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	64
	Лабораторная работа №1. Анализ свойств машинно-тракторных агрегатов .....	65
	Лабораторная работа №2. Расчет показателей тяговых свойств агрегата.....	66
	Лабораторная работа №3. Комплектование ма- шинно-тракторного агрегата.....	67
	Лабораторная работа №4. Анализ производительности агрегата.....	68
	Лабораторная работа №5 Выбор структуры и состава парка машин.....	69
III	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ.....	70

	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75
	ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
I	ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС.....	77
1	НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	78
2	ТОПЛИВА.....	82
2.1	АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТОПЛИВА.....	82
2.2	АВИАЦИОННЫЕ ТОПЛИВА.....	106
2.3	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВ.....	107
3	СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	110
4	ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ.....	126
II	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	131
	Лабораторная работа №1. Комплексная оценка основных свойств бензина и его пригодности для при- менения в соответствующей марке двигателя.....	132
	Лабораторная работа №2. Комплексная оценка основных свойств дизельного топлива и его пригодности для применения в соответствующей марке двигателя .....	133
	Лабораторная работа №3. Комплексная оценка основных свойств моторного масла и его пригодности для применения в соответствующей марке двигателя.....	134
	Лабораторная работа № 4. Комплексная оценка основных свойств пластичных смазок и установление их пригодности для использования в соответствующих узлах автомобиля и трактора .....	135
	Лабораторная работа № 5. Комплексная оценка ос- новных свойств специальных технических жидкостей.....	135
III	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ.....	137
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	142

Составители:

Глущенко Андрей Анатольевич  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и  
технологического оборудования»  
Хохлов Алексей Леонидович  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и  
технологического оборудования»  
Салахутдинов Ильмас Рифкатович  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и  
технологического оборудования»

**Технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве**

Учебное пособие для аспирантов  
инженерного факультета.

Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2015, - 146 с.

Подписано в печать

Формат 60x90/16 Бумага офсетная №1

Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 9,1

Тираж 100 Заказ \_\_\_\_\_

---

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый  
Венец, 1